

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Textilní a oděvní technologie

Katedra textilních technologií

Diplomová práce

Geometrická struktura tkanin z multifilu

Geometrical Structure of Multifilament Fabric

Martina Rambousková

Vedoucí práce: Ing. Jana Drašarová, Ph.D.

zadání 1. str.

zadání 2. str.

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 12.5.2008

.....

Podpis

Poděkování

Děkuji paní Ing. Janě Drašarové, Ph.D., vedoucí diplomové práce, za veškerou pomoc, kterou mi v průběhu vypracování této diplomové práce poskytla. Velké poděkování patří také mé rodině, která mi umožnila se této práci věnovat.

Abstrakt

V diplomové práci je formulován vliv základních parametrů tkanin z multifilu na deformace a zploštění průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny. Jsou zde stručně a srozumitelně definovány základní veličiny potřebné k pochopení řešené problematiky. Dále jsou zde uvedeny vhodné geometrické tvary, jimiž lze zploštělý průřez multifilu ve tkanině při projektování jejich vlastností aproximovat. V práci jsou též uvedeny používané vztahy na výpočet zakrytí a plnosti tkaniny uvažující zploštělý průřez multifilu ve vazném bodě tkaniny.

Pro předložené vzorky multifilových tkanin byla provedena analýza struktury z příčných řezů těchto tkanin. Jako vhodná metoda pro získání řezů tkanin v dobré kvalitě byla zvolena metoda „měkkých“ příčných řezů.

Experiment je zaměřen na vyhodnocení deformovaných průřezů multifilu. Nalezené závislosti byly porovnány se stávajícími modely. V důsledku nepřesnosti stávajících modelů je v práci snaha o nalezení přesnějších modelů. Z naměřených parametrů příčných řezů a jejich vyhodnocení byly stanoveny nové modely pro relativní rozšíření a relativní stlačení průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny. Modely jsou navrženy zvlášť pro osnovu a pro útek. Na rozdíl od stávajících modelů uvažují vliv vazby a překřížení (tzn. zda-li se jedná o vazný bod s překřížením či flotující úsek).

V další části experimentu je na základě zjištěných poznatků o deformaci průřezu multifilu navržen postup konstrukce geometrického modelu příčného řezu tkaniny z multifilu.

Klíčová slova: struktura, multifil, tkanina z multifilu, příčný řez, zploštění průřezu, náhrada průřezu, vazný bod

The Abstract

There is formulated the influence the basic parameters the textile fabric of the multifilament on the deformation and on the flattening profile of the multifilament in the binding point of the textile fabric in the graduation theses. There are defined short a brightly the basic values to require tumble to solution problems in this thesis. Below there are presented the competent geometric forms that can approach a flattening profile of the multifilament in a fabric with projection their attributes. There are presented used relations to a calculation shielding and fullness of a fabric considering flattening profile of the multifilament in the binding point of the textile fabric, too.

The analysis structure from cross sections of these textile fabrics was made for demonstrate exemplars of the multifilament fabric. Method of “soft” crosscut was chosen as acceptable method for the obtaining crosscut of fabric.

The experiment is located on the evaluation deformed cross-section of the multifilament. The found dependencies were confronted with the existing models. There is the tendency finding more accurate models in this these because existing models are inaccurate. The new models for the relativity expansion and compression crosscut of multifilament in the sinker of the textile fabric were determined from measured parametric of crosscuts and from their evaluation. The models are proposed for texture and quill. They reason about influence on structure and crossover (it means if it is the binding point with crossover or the flotative section).

In the next experimentation construction procedure of geometric model crosscut textile fabric of multifilament is proposed on the basis of the actual knowledge about deformation cross-section of the multifilament in the next experimentation.

Key words: structure, multifilament, textile fabric of the multifilament, crosscut, flattening cross-section, compensation cross-section, binding point

Seznam použitých symbolů a zkratk

a	[m]	šířka příčného řezu multifilu
a_c	[m]	součet šířek nití ve flotujícím úseku
a_i	[m]	šířka niti ve flotujícím úseku
am	[ktex ^{2/3} m ⁻¹]	Phrixův zákrutový koeficient
A_i	[m]	rozteč niti ve flotujícím úseku
A_o	[m]	rozteč osnovních nití
A_u	[m]	rozteč útkových nití
b	[m]	výška příčného řezu multifilu
c	[m]	zploštělý úsek niti v průřezu ($c = a - b$)
C_o	[1]	vazební koeficient pro osnovu
C_u	[1]	vazební koeficient pro útek
d	[m]	průměr multifilu
d_e	[m]	průměr vlákna
d_o	[m]	průměr osnovní niti
d_s	[m]	substanční průměr multifilu
d_u	[m]	průměr útkové niti
D_o	[m ⁻¹]	dostava osnovy
D_u	[m ⁻¹]	dostava útku
e	[m]	vertikální vzdálenost os dvou sousedních nití ve flotujícím úseku
f_{12}	[1]	faktor vazby a křížení
F	[N]	síla působící ve střednici lineárního útvaru
g_o	[1]	prostor nutný k zakřížení pro osnovu
g_u	[1]	prostor nutný k zakřížení pro útek
g	[ms ⁻²]	gravitační zrychlení
G	[kgm ⁻²]	plošná hmotnost tkaniny
h_o	[m]	výška zvlnění osnovy
h_u	[m]	výška zvlnění útku
H	[m]	rozteč os nití ve vazném bodě
I		inflexní bod vazné vlny
K	[1]	koeficient objemnosti
K_1	[1]	dílčí koeficient objemnosti podle počtu vláken v průřezu multifilu
K_2	[1]	dílčí koeficient objemnosti podle počtu zákrutů

l	[m]	délka vlákna
l_f	[m]	délka flotujícího úseku
l_m	[m]	délka multifilu
l_o	[m]	délka osnovní niti
l_s	[m]	délka multifilu po zakroucení
l_{to}	[m]	délka tkaniny ve směru osnovy
l_{tu}	[m]	délka tkaniny ve směru útku
l_u	[m]	délka útkové niti
l_0	[m]	délka nezakrouceného multifilu
L	[m]	obvod příčného řezu multifilu
L_v	[m]	tržná délka vlákna
m	[kg]	hmotnost vlákna
m_m	[kg]	hmotnost multifilu
M		nejvyšší bod vazné vlny
MEP		střední kvadratická chyba predikce
n	[1]	počet vláken v průřezu multifilu
n_o	[min ⁻¹]	otáčky krutného orgánu
n_s	[1]	počet nití ve střídě vazby
O, o		osnova
OZ		ochranný zákrut (cca 3 zákruty na metr)
P_{tk}	[1]	plnost tkaniny
P_o	[1]	plnost osnovy
P_u	[1]	plnost útku
R_o	[m]	velikost prostoru jedné nitě – zploštělý průřez
R_o'	[m]	velikost prostoru jedné nitě – kruhový průřez
R	[1]	korelační koeficient
s	[m ⁻²]	plocha příčného řezu vlákna
s_o	[1]	setkání osnovní niti
s_u	[1]	setkání útkové niti
S	[m ⁻²]	substanční plocha příčného řezu multifilu
S		osa niti
S_c	[m ⁻²]	celková plocha příčného řezu multifilu
S_{ϵ}	[m ⁻²]	plocha deformovaného řezu – tvar čočky
S_e	[m ⁻²]	plocha deformovaného řezu – tvar elipsy
S_o	[m ⁻²]	plocha deformovaného řezu – tvar oválu

t_v	[tex]	jemnost vlákna
t	[m]	tloušťka tkaniny
T	[tex]	jemnost multifilu
tk		tkanina
u, u		útek
v_{od}	[m·min ⁻¹]	rychlost odváděcích válců
x		vazný bod s překřížením
z	[m]	vertikální vzdálenost sousedních nití (mezi nimiž je uvažován přechodový úsek niti)
Z	[m ⁻¹]	zákrut
Z_o	[1]	zakrytí osnovy
Z_p	[1]	zploštění multifilu
Z_{tk}	[1]	zakrytí tkaniny
Z_u	[1]	zakrytí útku
-		vazný bod bez překřížení (flotující úsek)
α_m	[ktex ^{1/2} m ⁻¹]	Koechlinův zákrutový koeficient
α	[1]	relativní šířka příčného řezu multifilu
β	[1]	relativní výška příčného řezu multifilu
γ	[1]	parametr γ ($\gamma = \alpha - \beta$)
δ	[1]	seskání
ε_1	[1]	relativní stlačení příčného řezu multifilu
ε_2	[1]	relativní rozšíření příčného řezu multifilu
κ	[1]	intenzita zákrutu
μ	[1]	zaplnění multifilu
ζ_o	[1]	relativní výška zvlnění osnovní niti
ζ_u	[1]	relativní výška zvlnění útkové niti
π	[1]	Ludolfovo číslo
ρ	[kgm ⁻³]	měrná hmotnost (hustota) vláken
ρ_m	[kgm ⁻³]	měrná hmotnost multifilu
σ	[Ntex ⁻¹]	napětí ve vlákne
τ	[Pa]	síla působící na jednotku plochy

Obsah

Zadání	2
Prohlášení.....	4
Poděkování.....	5
Abstrakt.....	6
Seznam použitých symbolů a zkratek.....	8
Obsah	11
1. Úvod.....	13
2. Rešeršní část	14
2.1 Základní parametry vláken.....	14
2.1.1 Jemnost	14
2.1.2 Průměr vlákna	15
2.1.3 Tvar příčného řezu	15
2.1.4 Obvod příčného řezu vlákna	15
2.1.5 Měrný povrch vlákna	15
2.1.6 Tahové napětí ve vlákne	16
2.2 Základní parametry multifilu	16
2.2.1 Jemnost multifilu	17
2.2.2 Průměr multifilu.....	17
2.2.3 Zaplnění	18
2.2.4 Zákrut multifilu.....	19
2.2.5 Seskání multifilu	19
2.3 Základní parametry tkanin	20
2.3.1 Vazba tkaniny	20
2.3.2 Dostava	21
2.3.3 Setkání	22
2.3.4 Plošná hmotnost.....	22
2.3.5 Plošné zakrytí tkaniny.....	22
2.4 Účel modelování	23
2.4.1 Popis vazné buňky tkaniny.....	23
2.4.2 Náhrada vazné vlny	25

2.5 Deformace multifilu ve tkanině	25
2.5.1 Deformace příčného řezu multifilu ve tkanině.....	26
2.5.1.1 Náhrada příčného řezu multifilu	27
2.5.1.1.1 Geometrický model multifilu – zploštělý průřez	31
2.5.1.2 Geometrické hypotézy	32
2.6 Aplikace deformace multifilu při projektování tkanin.....	34
2.6.1 Plošné zakrytí tkaniny uvažující zploštění průřezu multifilu ve tkanině	34
2.6.2 Plnost tkaniny uvažující zploštění průřezu multifilu ve tkanině	34
3. Experimentální část.....	36
3.1 Popis vzorků tkanin.....	36
3.2 Tvorba „měkkých“ příčných řezů tkaniny	37
3.3 Výsledky naměřených parametrů.....	38
3.3.1 Parametry průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny	38
3.3.1.1 Zploštění průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny	39
3.3.1.2 Velikost deformace průřezu z hlediska alternativních hypotéz	40
3.3.1.3 Závislost relativního rozšíření a relativního stlačení průřezu	41
3.3.2 Konstrukce geometrického modelu příčného řezu tkaniny z multifilu	44
4. Závěr	49
Literatura.....	51
Příloha 1 Další geometrické parametry struktury	I
Příloha 2 Vybrané snímky řezů zkoumaných tkanin	XII
Příloha 3 Závislost relativní šířky α , relativní výšky β a parametru γ na poměru zploštění Z_p uvažující konstantní plochu průřezu (ovál) multifilu	XV

1. Úvod

Stávající poznatky z teorie geometrie multifilu a tkanin z multifilu se opíraly pouze o představu kruhových průřezů nití obou soustav [3]. Na základě experimentů však bylo zjištěno, že u multifilu ve skutečné tkanině dochází ke zploštění. Zploštění je patrné především v místech kontaktů dvou soustav nití – vazných bodech.

Při projektování tkanin z multifilu je žádoucí charakteristické zploštění průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny predikovat a je proto snaha vytvořit vhodné modely vycházející z geometrických charakteristik multifilových tkanin. O tvorbu modelů se v tomto směru pokoušel např. Bohadlo, který doporučil pro aproximaci příčného řezu multifilu ve tkanině ovál [3], protože splňuje požadavky na poměrně snadné matematické vyhodnocení a zároveň se příliš neliší od skutečnosti. V pracích [1], [2], [17] bylo zjištěno, že závislost mezi relativním rozšířením a relativním stlačením průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny se blíží první alternativní hypotéze (viz kap. 2.5.1.2), která uvažuje, že se plocha průřezu původní nestlačené nitě deformací nemění a konstantní plocha průřezu se nejvíce blíží tvaru čocky. Další model popisující závislost mezi relativním rozšířením a relativním stlačením průřezu multifilu doporučený v [14] Lomovem neuvažuje stejně jako „konstantní plocha - čocka“ rozdíl deformace mezi osnovou a útkem. V experimentální části této práce je ukázáno, že k rozdílu deformace průřezu mezi osnovou a útkem dochází. Stávající modely, které se dosud používají neuvažují vliv vazby a překřížení, přičemž tyto dva faktory mají na deformaci průřezu nití vliv poměrně významný. Je proto snaha tento vliv popsat vhodnými modely, které by šly dále použít např. pro konstrukci geometrického modelu příčného řezu tkaniny z multifilu, jenž by se dal mimo jiné využít pro popis a zjišťování ultimativních charakteristik tkanin z multifilu. Obrázky uvedené v práci mají za úkol dopomoci k pochopení řešené problematiky.

2. Rešeršní část

Vymezená oblast, kterou se zabývá textilní obor je: délková textilie (textilní vlákno, příze, multifil apod.), plošná textilie a prostorová textilie [1]. Přičemž některé vlastnosti daného textilního útvaru jsou rozhodující měrou určeny vždy vlastnostmi nejbližšího nižšího útvaru. Za základní textilní útvar je považováno vlákno. V této části jsou proto uvedeny základní parametry vláken, multifilu a tkanin. Dále se tato část zabývá popisem geometrických modelů vazné buňky tkaniny a stručně uvádí jakými modely je vhodné vaznou vlnu tkaniny aproximovat. Tato část také pojednává o různých typech namáhání (ohybové, torzní, tlakové, tahové), které vede k deformaci průřezu multifilu ve tkanině. Také je zde uveden popis dvou alternativních hypotéz, které vyjadřují vztah mezi parametry příčného řezu před a po deformaci. Poslední kapitola této části (2.6) pojednává o aplikaci deformovaného průřezu multifilu při projektování tkanin z hlediska plošného zakrytí a plnosti tkaniny.

2.1 Základní parametry vláken

Textilním vláknem se má obvykle na mysli dostatečně dlouhý a tenký útvar, který se používá v textilních technologiích [8]. U textilních vláken lze stanovit mnoho jejich základních parametrů. V této kapitole jsou uvedeny některé z nich, především ty, které mají vztah ke geometrii.

2.1.1 Jemnost

Jemnost (délková hmotnost) vlákna t_v se vyjadřuje jako podíl hmotnosti m vlákna ku jeho délce l [8]. Níže uvedený vztah (1) také poukazuje na možnost vyjádření jemnosti vlákna prostřednictvím plochy příčného řezu s a měrné hmotnosti (hustoty) ρ vlákna. Stanovení měrné hmotnosti pro běžné účely lze z tabulky dle [7], [8].

$$t_v = \frac{m}{l} = \frac{\rho \cdot V}{l} = \frac{\rho \cdot l \cdot s}{l} = \rho \cdot s \quad (1)$$

2.1.2 Průměr vlákna

Jestliže má vlákno kruhový průřez s průměrem vlákna d_e , pak platí vztah (2). Podle tohoto vztahu však můžeme vypočítat průměr i pro vlákno s nekruhovým průřezem. Ten potom nazýváme ekvivalentní průměr [8]. Ekvivalentní průměr lze definovat průměrem kruhu, který má stejnou plochu jako průřez vlákna.

$$d_e = \sqrt{\frac{4 \cdot s}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot t_v}{\pi \cdot \rho}} \quad (2)$$

2.1.3 Tvar příčného řezu



Obr. 1: Tvar průřezu vlákna

Tvar příčného řezu lze charakterizovat jeho plochou s , která je uzavřena obvodem p (obr. 1). S absolutně kruhovým průřezem vlákna se prakticky nelze setkat. Vlákna přírodní vykazují častěji vyšší odchylku od absolutně kruhového průřezu než vlákna chemická (neuvažujeme-li profilovaný průřez). V souvislosti s tvarem příčného řezu vlákna definovala Malinowská tzv. tvarový faktor [8]. Tvarový faktor je dán vztahem:

$$q = \frac{p}{\pi d_e} - 1, \quad (3)$$

kde q je tvarový faktor, p je obvod příčného řezu, π je Ludolfovo číslo a d_e je průměr vlákna.

2.1.4 Obvod příčného řezu vlákna

Výraz pro výpočet obvodu příčného řezu vlákna p vychází ze znalosti průměru d_e a tvarového faktoru q průřezu vlákna [8]. Vyplývá ze vztahu (3), tedy:

$$p = \pi d_e (1 + q). \quad (4)$$

2.1.5 Měrný povrch vlákna

Měrný povrch vlákna významně ovlivňuje vlastnosti textilie [8]. Vyjadřuje plochu povrchu vláken ve hmotnostní jednotce materiálu. Výpočtem stanovený měrný povrch

vláken se pohybuje řádově ve $100 \text{ m}^2\text{kg}^{-1}$. Laboratorní stanovení měrného povrchu dosahuje hodnot vyšších. Lze ho definovat vztahem:

$$a = 2\sqrt{\pi} \frac{1+q}{\sqrt{\rho \cdot t_v}}, \quad (5)$$

kde a je měrný povrch vlákna, q je tvarový faktor, ρ je měrná hmotnost vláken a t_v je jemnost vlákna.

2.1.6 Tahové napětí ve vlákně

Vyjadřuje se jako síla působící na jednotku jemnosti [7]. Tahové napětí ve vlákně lze definovat vztahem:

$$\sigma = \frac{F}{t_v} = \frac{F}{s \cdot \rho} = \frac{\tau}{\rho}, \quad (6)$$

kde σ je napětí ve vlákně, F je síla působící ve střednici vlákna, t_v je jemnost vlákna, s je plocha vlákna, ρ je měrná hmotnost vláken a τ je síla působící na jednotku plochy.

V minulosti bylo napětí v textiliích vyjadřováno pomocí tržné délky. Tržná délka je definována jako délka, při níž se vlákno přetrhne vlastní tíhou. Tržnou délku lze vyjádřit dle vztahu:

$$L_v = \frac{F \cdot 10^3}{g \cdot t_v}, \quad (7)$$

kde L_v je tržná délka vlákna, F je síla působící ve střednici vlákna, g je gravitační zrychlení ($9,80665 \text{ ms}^{-2}$) a t_v je jemnost vlákna.

2.2 Základní parametry multifilu

Multifil definujeme jako množinu nejméně čtyř nekonečných chemických vláken stejného druhu, modifikace a průřezu [10]. Jednotlivá nekonečná vlákna jsou družena nebo zpevněna zákrutem.

Multifil je základní stavební jednotka multifilové tkaniny. Podle [9] je multifil nejvýznamnější polotovár při výrobě tkanin z multifilu. Je nositelem struktury a vlastností výsledného produktu.

Tato kapitola se věnuje popisu některých základních parametrů multifilu.

2.2.1 Jemnost multifilu

Jemnost multifilu se vyjadřuje jako podíl hmotnosti multifilu m_m k jeho délce l_m . Lze ji také definovat na základě substanční plochy průřezu S a měrné hmotnosti ρ vláken.

$$T = \frac{m_m}{l_m} = \frac{\rho \cdot V}{l_m} = \frac{\rho \cdot l_m \cdot S}{l_m} = \rho \cdot S \quad (8)$$

V případě rovnoběžného uložení vláken (v nezakrouceném stavu) lze jemnost multifilu vyjádřit vztahem:

$$T = t_v \cdot n, \quad (9)$$

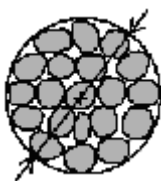
kde T je jemnost multifilu, t_v je jemnost vláken a n je počet vláken v průřezu.

2.2.2 Průměr multifilu

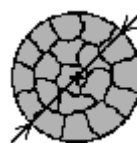
Stanovení průměru niti tkanin z multifilu je jedním z hlavních kritérií při konstrukci multifilových tkanin [3]. V případě představy stlačení nití do homogenního válce (viz obr. 2b) lze příčný rozměr niti označit jako substanční průměr [1], [7]. Jedná se však o idealizaci, neboť je v tomto případě zanedbáno zaplnění multifilu vlákní (čili $\mu = 1$). Substanční průměr je definován výrazem:

$$d_s = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot T}{\pi \cdot \rho}}, \quad (10a)$$

kde d_s je substanční průměr multifilu, S je substanční plocha průřezu niti, T je jemnost multifilu, ρ je měrná hmotnost vláken.



Obr. 2a Průměr multifilu d



Obr. 2b Substanční průměr multifilu d_s

Multifil ve skutečnosti není stejnorodým válcem [1], [2], [11]. Mezi vlákny jsou vzduchové mezery, hustota stěsnání vláken není rovnoměrná. Z tohoto důvodu neexistuje jednoznačná definice průměru multifilu. Pro výpočet průměru multifilu, který uvažuje vzduchové mezery mezi vlákny (viz obr. 2a) lze využít vztah:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot T}{\pi \cdot \mu \cdot \rho}}, \quad (10b)$$

kde d je průměr multifilu, T je jemnost multifilu, μ je zaplnění (kap. 2.2.3) a ρ je měrná hmotnost vláken.

Průměr multifilu, který uvažuje vzduchové mezery mezi vlákny lze též vypočítat dle vztahu (10c), jenž při výpočtu nevychází přímo z měrné hmotnosti substance vláken, ale z měrné hmotnosti multifilu.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot T}{\pi \cdot \rho_m}}, \quad (10c)$$

kde d je průměr multifilu, T je jemnost multifilu a ρ_m je měrná hmotnost multifilu, kterou lze vypočítat na základě vztahu (30).

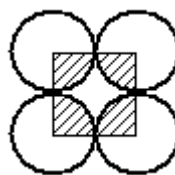
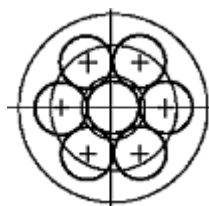
2.2.3 Zaplnění

Jedná se o veličinu vyjadřující podíl celkového prostoru útvaru zaplněného objemem vláken [7]. Lze ho definovat jako objemové nebo plošné:

$$\mu = \frac{V}{V_c} = \frac{S}{S_c}, \quad (11)$$

kde μ je zaplnění multifilu, V je objem vláken, V_c je celkový objem multifilu, S je substanční plocha vláken v průřezu, S_c je celková plocha průřezu multifilu.

Snaha pochopit zákonitosti reálných řezů vedla ke vzniku idealizovaných modelů [7]. Dle [1], [2] mají vlákna v multifilu tendenci zaujímat optimální pozici (maximálně uspořádanou strukturu) již při malých dostředivých silách (nízkém počtu zákrutů). Toto uspořádání vláken v průřezu dobře vystihuje otevřená forma uspořádání v kruzích, označovaná jako válcová. Je předpokládáno, že vlákna zde tvoří kruhové vrstvy, přičemž v každé z nich je obsažen jejich maximálně umístitelný počet. Tvoří-li první vrstva jediné vlákno (osa svazku je totožná s osou středového vlákna), hovoříme o kruhové radiální struktuře se středovým vláknem (obr. 3a). Jestliže jsou kruhové vrstvy uspořádány s osou v ose svazku (kruhová radiální struktura bez středového vlákna), pak toto vláknenné seskupení připomíná čtvercové uspořádání (obr. 3b). Pro výpočet průměru multifilu je doporučena hodnota zaplnění 0,7, odvozená z limitního zaplnění válcové struktury.



Válcová struktura

Obr. 3a Se středovým vláknem

Obr. 3b Čtvercové uspořádání

2.2.3 Zákrut multifilu

Zákrut je veličina, která se váže pouze ke skupině kroucených délkových textilií [7]. Z hlediska tvorby je zákrut Z definován jako počet otáček n_o krutného orgánu ku rychlosti odváděcích válců v_{od} . Je definován vztahem (12).

$$Z = \frac{n_o}{v_{od}} \quad (12)$$

Zákrut z hlediska struktury vyjadřuje počet ovinů připadajících na určitou délku krouceného multifilu. Běžné výpočty jsou prováděny na základě teorií Koechlina a Phrixe. Užívá se zákrutových koeficientů:

$$\alpha_m = Z\sqrt{T}, \quad (13a)$$

$$am = ZT^{2/3}, \quad (13b)$$

kde α_m je Koechlinův zákrutový koeficient, am je Phrixův zákrutový koeficient, Z je zákrut a T je jemnost multifilu.

Intenzita zákrutu

Popisuje úhel stoupání šroubovice povrchového vlákna. Vyjadřuje se jako součin průměru a zákrutu. Je to bezrozměrná veličina. Lze ji definovat vztahem:

$$\kappa = \pi \cdot d \cdot Z, \quad (14)$$

kde κ je intenzita zákrutu, d je průměr multifilu a Z je zákrut.

2.2.4 Seskání multifilu

Vyjadřuje zkrácení svazku nekonečných vláken v důsledku jeho zakroucení. Definuje se vztahem:

$$\delta = \frac{l_0 - l_s}{l_0}, \quad (15)$$

kde δ je seskání, l_0 je délka nezakrouceného multifilu a l_s je délka multifilu po zakroucení.

2.3 Základní parametry tkanin

Biaxiální tkanina je plošná textilie tvořená dvěma soustavami nití, na sebe kolmými – osnovou (podélný směr, rovnoběžný s pevnými kraji tkaniny) a útkem (příčný směr). Osnova a útek jsou vzájemně provázány (kříženy) vazbou tkaniny.

Konstrukce tkanin je volba prvků a technologických postupů k dosažení požadovaných vlastností tkanin. Na soubor požadovaných vlastností tkanin lze hledět dvěma způsoby. A to z pozice spotřebitele (kam řadíme užité vlastnosti) nebo z hlediska výrobce (technologické vlastnosti) [5]. Hodnocení lze provádět (měřit) buď objektivně (pevnost, tažnost, pružnost, tepelné vlastnosti atp.) nebo subjektivně (vzhled, módnost atp.). V souvislosti s požadovanými vlastnostmi tkanin je snaha vytvořit systém projektování vlastností tkanin.

Tkaninu lze popsat souborem mnoha různých charakteristik. Některé z nich jsou uvedeny v této kapitole.

2.3.1 Vazba tkaniny

Vazbou tkaniny je nazýván způsob provázání (křížení) osnovy a útku ve tkanině. Každé překřížení osnovy a útku označujeme jako vazný bod (resp. vazná buňka, vazný prvek) tkaniny. Pokud osnova provazuje nad útkem, jedná se o vazný bod osnovní. Jestliže váže útek nad osnovou, nazýváme tento vazný bod útkový.

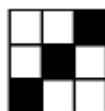
Vazbu zakreslujeme do vzornicového papíru (rastru), v případě potřeby rozkreslujeme celou technickou vzornici. Černě (plně) zakreslujeme vazné body osnovní. Vazné body útkové necháme bílé (resp. se nezakreslují). Část vazby, která se v ploše tkaniny pravidelně opakuje, nazýváme střída vazby. Její rozkreslení (opakování vazby, též vazba po střídě) se zakresluje do rastru v potřebném rozsahu barvou červenou. Slouží nám pro lepší přehled o vzorování vazby.

Podle způsobu provázání rozeznáváme vazby základní, odvozené a volně sestavované (resp. složené). Mezi základní vazby patří vazba plátňová (obr. 4a), keprová (obr. 4b) a atlasová (obr. 4c). Vazba plátňová je nejjednodušší

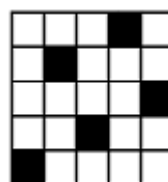
a nejpoužívanější tkalcovská vazba. Má nejhustší a nejpravidelnější provázání. Střída vazby má dvě niti osnovní a dva útky. Keprové vazby jsou charakteristické šikmým řádkováním levého nebo pravého směru. Nejmenší kepr je třívazný. Střída vazby je vždy do čtverce. Vazby atlasové se vyznačují hladkým povrchem a nevýrazným šikmým řádkováním různého sklonu. Na rozdíl od keprů se vazné body nesmějí dotýkat. Rozmístění vazných bodů se zakresluje pomocí postupného (vzestupného) čísla. Nejmenší atlas je pětivazný. Mezi vazby odvozené patří odvozeniny plátna (ryps, panama), kepru (kepr zesílený, víceřádkový, hrotový, křížový, lomený atd.) a atlasu (např. atlas nepravidelný, zesílený, přísazovaný). Poslední skupinou vazeb jsou vazby volně sestavované (vazby vaflové, kanavové, štrukové atd.).



Obr. 4a Plátno



Vazby základní
Obr. 4b Kepr



Obr. 4c Atlas

2.3.2 Dostava

Je to počet osnovních nebo útkových nití připadajících na jednotku délky, obvykle na 100 mm. Jestliže se dostava osnovy rovná dostavě útku, jedná se o dostavu čtvercovou. Maximální možná dostava je nazývána dostavou limitní. Dostava osnovy se značí D_o a dostava útku D_u .

Dle vztahů (16a) a (16b) je patrné, že s dostavou souvisí rozteč nití:

$$A_o = \frac{1}{D_o}, \quad (16a)$$

$$A_u = \frac{1}{D_u}, \quad (16b)$$

kde A_o (A_u) je rozteč osnovy (útku).

2.3.3 Setkání

Je to zkrácení osnovních nebo útkových nití vlivem zatkání. Je definováno:

$$s_o = \frac{l_o - l_{to}}{l_{to}}, \quad (17a)$$

$$s_u = \frac{l_u - l_{tu}}{l_{tu}}, \quad (17b)$$

kde s_o (s_u) je setkání osnovy (útku), l_o (l_u) je délka osnovní (útkové) nitě v úseku tkaniny a l_{to} (l_{tu}) je délka úseku tkaniny ve směru osnovy (útku).

2.3.4 Plošná hmotnost

Je to hmotnost tkaniny připadající na určitou plochu. Je definována vztahem:

$$G = D_o T_o (1 + s_o) + D_u T_u (1 + s_u), \quad (18)$$

kde G je plošná hmotnost tkaniny, D_o (D_u) je dostava osnovy (útku), T_o (T_u) je jemnost osnovní (útkové) nitě a s_o (s_u) je setkání osnovy (útku).

2.3.5 Plošné zakrytí tkaniny

Vyjadřuje se jako plocha zakrytá nitěmi ku celkové ploše tkaniny (resp. vazného bodu).

Definuje se vztahem:

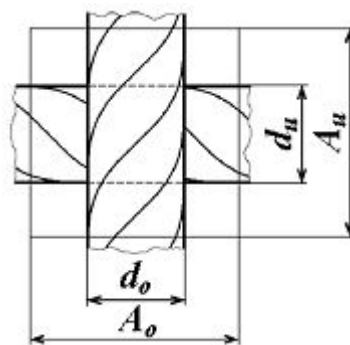
$$Z_{tk} = Z_o + Z_u - Z_o \cdot Z_u. \quad (19)$$

Přičemž platí:

$$Z_o = \frac{d_o \cdot A_u}{A_o \cdot A_u} = \frac{d_o}{A_o} = D_o \cdot d_o, \quad (20a)$$

$$Z_u = \frac{d_u \cdot A_o}{A_o \cdot A_u} = \frac{d_u}{A_u} = D_u \cdot d_u, \quad (20b)$$

kde Z_{tk} je zakrytí tkaniny (vztažené k ploše tkaniny nebo vazného prvku – obr. 5), Z_o (Z_u) je zakrytí osnovy (útku), d_o (d_u) je průměr osnovní (útkové) nitě, A_o (A_u) je rozteč osnovy (útku) ve vazném bodě a D_o (D_u) je dostava osnovy (útku).



Obr. 5 Zakrytí vazného prvku

Nevýhodou však je, že výpočet plošného zakrytí dle výše uvedených vztahů (20a) a (20b) neuvažuje zploštění nití, které je charakteristické pro tkaniny z multifilu. Vztah pro výpočet plošného zakrytí s respektováním specifického zploštění je uveden v kapitole 2.6.1.

2.4 Účel modelování

Účelem modelování je nalezení vztahů mezi vstupními a výstupními parametry procesu výroby tkaniny z multifilu [9]. Tyto vztahy (relace) lze definovat modely, které umožní neoptimálnější cestu (za nejkratší čas a nejnižší náklady) k dosažení výrobku s požadovanými vlastnostmi.

Zadáním může být soubor užitečných vlastností, které jsou zpravidla užitečné pro spotřebitele, výsledkem je soubor doporučených vstupních parametrů multifilu - např. druh materiálu, jemnost multifilu, počet vláken v průřezu, zákrut, dostava osnovy, dostava útku (např. zda-li použít dvojitý příraz útku - vliv technologie), vazba.

Vliv technologie není zanedbatelný, neboť zkušenost ukázala, že tkanina se stejnými vstupními parametry může mít při výrobě na různých tkacích strojích strukturní odchylky [6].

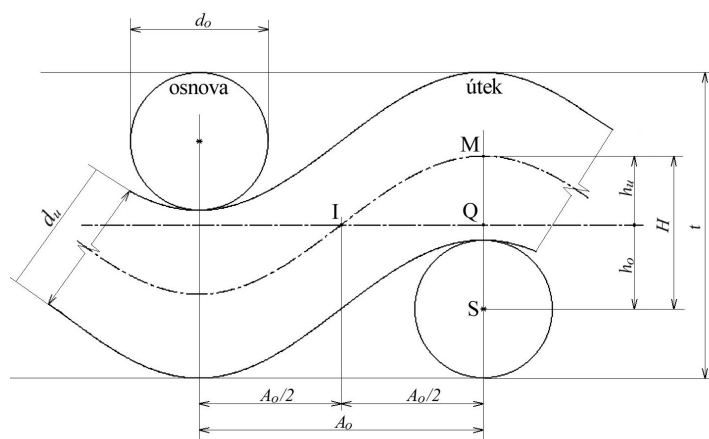
2.4.1 Popis vazné buňky tkaniny

Geometrický model tkaniny je zjednodušený obraz skutečnosti [12]. Studium složitých jevů reálného světa na zjednodušených modelech je metodou zcela běžnou ve vědě a technice. Model musí co nejlépe odpovídat skutečnosti, zároveň musí být dostatečně

obecný a umožňovat matematické modelování. Tvorba modelů nejčastěji vychází z popisu plátňové vazby, kde se pravidelně střídá osnovní a útkový vazný bod a lze k němu vztáhnout i jiné vazby. Model vazného prvku může být sledován ve stavu zrodu nebo až v hloubky tkaniny ve stavu ustáleném [4]. Při popisu geometrie vazného prvku byly zavedeny tyto zjednodušující předpoklady (idealizace):

- nit je kompaktní těleso s kruhovým průřezem; v místech vazných bodů nedochází k deformaci průřezů ani ke zhuštění vláken;
- model vazného bodu je sledován v hotové tkanině ve stavu ustáleném;
- tkanina je vyrovnaná;
- těžiště jednotlivých kolmých průřezů se nachází vždy ve středu niti a je možno definovat neutrální osu niti jako křivku spojující těžiště všech kolmých řezů niti; takto myšlená neutrální osa niti je totožná s průběhem vazné vlny osnovní i útkové niti ve tkanině;
- inflexní body neutrálních os všech osnovních a útkových nití leží v jedné rovině, zvané střední rovina tkaniny.

Znázornění příčného řezu tkaniny (kolmo k osnovním nitím) za předpokladu výše uvedených idealizací je na obr. 6.



Obr. 6 Vazná buňka tkaniny

Kde A_o (A_u) je rozteč osnovních (útkových) nití, d_o (d_u) je průměr osnovní (útkové) niti, t je tloušťka tkaniny, H je rozteč os nití ve vazném bodě, h_o (h_u) je výška zvlnění osnovy (útku), **S** je osa osnovní niti, **I** je inflexní bod vazné vlny útku a **M** je nejvyšší bod vazné vlny.

Pro vyrovnanou tkaninu kde $t = d_o + d_u$, platí následující vztahy:

$$H = \frac{d_o + d_u}{2}, \quad (21)$$

$$h_o = \frac{t - d_o}{2} = \frac{d_u}{2}, \quad (22a)$$

$$h_u = \frac{t - d_u}{2} = \frac{d_o}{2}, \quad (22b)$$

$$\xi_o = \frac{d_u}{d_o + d_u} = \frac{h_o}{H}, \quad (23a)$$

$$\xi_u = \frac{d_o}{d_u + d_o} = \frac{h_u}{H}, \quad (23b)$$

kde ξ_o (ξ_u) je relativní výška zvlnění osnovní (útkové) nití.

2.4.2 Náhrada vazné vlny

Pro nahrazení vazné vlny existuje mnoho modelů, např. nahrazení trojúhelníkem, lichoběžníkem, harmonickou funkcí. Mezi nejpoužívanější a nejznámější modely patří [15]:

- Peirceův model,
- Olofssonův model,
- hyperbolický model.

Peirceův model je pro vyjádření provázání nití ve tkanině z těchto tří výše uvedených nejpoužívanější. Model uvažuje pouze kruhové průřezy. Vazná vlna osnovy, resp. útku je nahrazena kombinací přímkového a obloukového úseku [1]. Tento model nevyhovuje, pokud bereme v úvahu vzájemnou provázanost geometrie a mechaniky [16]. Reálnější pohled na strukturu tkaniny poskytuje Olofssonův model. Podrobnějším popisem těchto modelů se zabývá celá řada prací [1], [9], [15], [16].

2.5 Deformace multifilu ve tkanině

Při výrobě plošné textilie je nit vystavena namáhání, které vede k její deformaci [1], [2]. Při tkaní je odlišné namáhání osnovních a útkových nití [9]. Osnova musí být hodně napnutá, neboť je v rovnováze se silou přírazu (při malém napětí osnovy by vznikla řídká tkanina). Útkové nitě jsou namáhány méně.

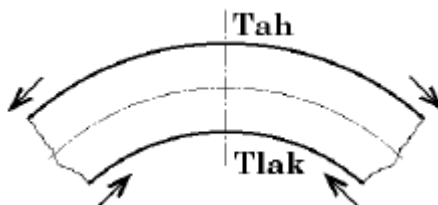
Některé druhy namáhání (např. tahové v axiálním směru osnovy popř. útku) lze v průběhu tkaní korigovat [5]. V případě zatkávání útku to může být pomocí tzv. naddodávky útku (zatkávání útku ve vlnách, šikmo k ose stavu atp., aby zešikmená délka byla větší než paprsková šíře) nebo přepínáním útku při ukládání (brzděním v zanášejícím zařízení). V případě osnovy je napětí dané seřízením osnovního regulátoru.

V reálných případech jde většinou o kombinaci různých druhů namáhání – ohybového, torzního, tlakového, tahového [1], [2]. Navíc se rozlišuje deformace po délce multifilu a deformace v příčném řezu multifilu.

2.5.1 Deformace příčného řezu multifilu ve tkanině

Průřez nitě se deformuje především ohybem nitě. Vlivem zakřivení vzniká na vnější (horní) polovině průřezu tahové a na dolní tlakové axiální napětí (obr. 7), které vede ke vzniku radiálního napětí působícího směrem k vodorovné ose průřezu nitě [9]. Dochází ke stlačení, rozšíření a zhuštění niti a tím i ke změně její vnitřní struktury. Tento typ deformace převažuje v místech kontaktu dvou nití – vazných bodech tkaniny [1], [2], [5], [7]. Významný vliv na zploštění multifilu má též deformace torzní. V práci [2] bylo zjištěno, že velikost deformace příčného řezu (rozšíření, stlačení, zploštění) ovlivňuje právě zákrut významnou měrou. Především u multifilu s nízkou hladinou zákrutu (tzv. ochranný zákrut), resp. u multifilu bezzákrutového lze konstatovat vyšší zploštění příčného řezu.

Stupeň deformace příčného řezu dále závisí také na druhu materiálu, počtu vláken v průřezu, zaplnění atp.

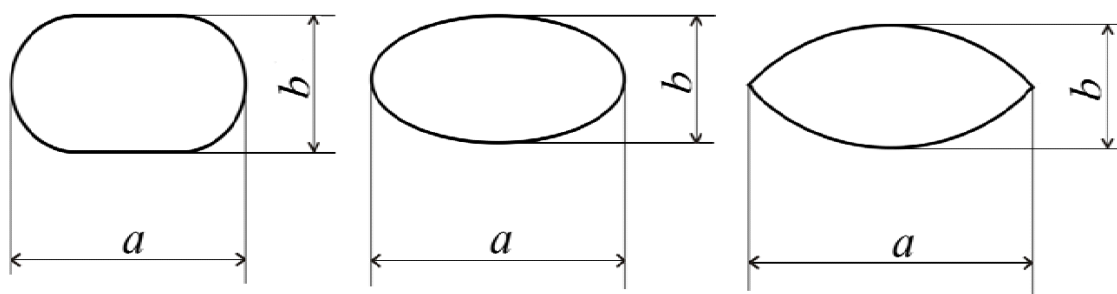


Obr. 7 Vznik tahového a tlakového napětí vlivem ohybu nitě

2.5.1.1 Náhrada příčného řezu multifilu

Již v úvodu bylo uvedeno, že stávající modely geometrie multifilu a multifilových tkanin uvažovaly pouze kruhový průřez. Mikroskopováním řezů multifilových tkanin se ukázalo, že se ve většině případů o tvar podobný kruhu nejedná, ale že průřez je zploštělý [3].

Deformovaný řez multifilu lze obvykle pro další zpracování aproximovat různými geometrickými tvary. Tato aproximace však musí splňovat určité požadavky, především se nesmí podstatně geometricky lišit od reálně deformovaného průřezu multifilu. Tyto požadavky splňuje např. elipsa (obr. 8b), ovál (tzv. Kempův průřez, obr. 8a), čočka (obr. 8c). Jako nejvýhodnější se zdá být pro aproximaci příčného řezu ovál, neboť nevyžaduje náročnou představivost a veškeré odvozené vzorce dávají názorný a jednoznačný přehled o způsobu řešení [3].



Příčný řez deformovanou nití

Obr. 8a Ovál

Obr. 8b Elipsa

Obr. 8c Čočka

Zajímavá je též teorie Kempova, zvaná také parciální geometrie tkaniny [4], [6]. Zde ovšem na rozdíl od aproximace průřezu jedné zploštělé niti se oválem nahrazují skupiny současně provazujících nití. Potíž je ovšem v tom, že nelze předem výpočtem určit, jaké rozměry budou mít oválné řezy skupinami nití.

Tato kapitola je především věnována veličinám (zejména zploštění Z_p , koeficientu objemnosti K , měrné hmotnosti multifilu ρ_m atd.), které byly odvozeny v závislosti na nahrazení příčného řezu multifilu převážně oválem. Dle [3] je nutno tyto poznatky respektovat při výpočtech vlastností tkanin z multifilu jako je zakrytí, plnost, tloušťka tkaniny apod.

Následující vztahy platí převážně pro ovál:

$$\text{poměr zploštění} \quad Z_p = \frac{b}{a}, \quad (25)$$

kde Z_p je zploštění multifilu, a je šířka příčného řezu multifilu a b je výška příčného řezu multifilu (viz obr. 8abc).

Zploštění se pohybuje v intervalu $\langle 0; 1 \rangle$. Jestliže je $Z_p = 1$ ($a = b$), znamená to, že je průřez kruhový.

Dále lze definovat:

plocha průřezu

$$\text{- ovál} \quad S_o = \frac{\pi b^2}{4} + b(a - b), \quad (25a)$$

$$\text{- čočka} \quad S_c = \sqrt{a^2 + 4/3b^2} (a^2 + b^2)/4b - a(a^2 - b^2)/4b, \quad (25b)$$

$$\text{- elipsa} \quad S_e = \frac{\pi ab}{4}, \quad (25c)$$

$$\text{relativní šířka} \quad \alpha = \frac{a}{d}, \quad (26a)$$

$$\text{relativní výška} \quad \beta = \frac{b}{d}, \quad (26b)$$

$$\text{parametr } \gamma \quad \gamma = \frac{a - b}{d} = \alpha - \beta, \quad (27)$$

$$\text{relativní stlačení} \quad \varepsilon_1 = \frac{(b - d)}{d} = \beta - 1, \quad (28a)$$

$$\text{relativní rozšíření} \quad \varepsilon_2 = \frac{(a - d)}{d} = \alpha - 1. \quad (28b)$$

Relativní šířka α , relativní výška β a jejich rozdíl γ závisejí pouze na poměru zploštění Z_p a lze je sestavit do tabulky 1 [3] dle vztahů (29a), (29b) a (27), které uvažují konstantní plochu průřezu multifilu po deformaci (viz kap. 2.5.1.2).

$$\beta = \left[1 + \left(\frac{4}{\pi} \cdot \frac{1 - Z_p}{Z_p} \right) \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (29a)$$

$$\alpha = \frac{\beta}{Z_p} \quad (29b)$$

Tabulka 1: Závislost relativní šířky α , relativní výšky β a jejich rozdílu γ na poměru zploštění Z_p *)

Z_p	α	β	γ
0,35	1,560	0,546	1,014
0,36	1,539	0,554	0,985
0,37	1,519	0,562	0,957
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
0,60	1,226	0,736	0,490
0,61	1,216	0,742	0,474
0,62	1,209	0,750	0,459
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
0,98	1,008	0,988	0,020
0,99	1,004	0,994	0,010
1,00	1,000	1,000	0,000

*) Dopočítaná tabulka viz příloha 3.

Na základě experimentů bylo zjištěno, že nelze stanovit jednotný poměr zploštění Z_p pro všechny druhy materiálů, a že je třeba provést diferenciaci. Rozlišení z hlediska druhu materiálu, jemnosti multifilu a počtu zákrutů na metr provedl Bohadlo [3]. Hodnoty získané pomocí korelačních propočtů příčných řezů multifilu dle Bohadla jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2: Regresní vztahy pro výpočet zploštění

Materiál v osnově (útku)	Rovnice	Obor platnosti
CV – viskóza CA – acetát CTA – triacetát CUP – měďnaté hedvábí	$Z_p = 0,0047\alpha_m + 0,3215$	$0 \leq \alpha_m \leq 128$
PA – polyamid	$Z_p = 0,0059\alpha_m + 0,3014$	$0 \leq \alpha_m \leq 81$
PES – polyester	$Z_p = 0,0048\alpha_m + 0,3445$	$0 \leq \alpha_m \leq 90$

Kde Z_p je zploštění, α_m je Koechlinův zákrutový koeficient (dle vztahu (13a)).

Vzduchové prostory mezi vlákny ovlivňují měrnou hmotnost multifilu. Čím je útvar poréznější (nižší mezivláknový kontakt), tím je nižší jeho měrná hmotnost [7]. Z toho důvodu byl navržen *koeficient objemnosti* K , který se uplatňuje ve vztahu (30). Na základě tohoto vztahu lze vypočítat měrnou hmotnost multifilu.

$$K = \frac{\rho}{\rho_m} = \frac{1}{\mu}, \quad (30)$$

kde ρ_m je měrná hmotnost multifilu, ρ je měrná hmotnost vláken, K je koeficient objemnosti a μ je zaplnění (kap. 2.2.3).

Velikost koeficientu objemnosti K je dle Bohadla [3] závislá na druhu materiálu, počtu vláken v průřezu, počtu zákrutů na metr, jemnosti multifilu atp. Koeficient objemnosti lze stanovit dle vztahu:

$$K = K_1 + K_2, \quad (31)$$

kde K je koeficient objemnosti, K_1 je dílčí koeficient objemnosti podle počtu vláken v průřezu multifilu a K_2 je dílčí koeficient objemnosti podle počtu zákrutů.

Dílčí koeficient objemnosti podle počtu vláken v průřezu multifilu K_1 je možno stanovit podle vztahu (32). Tento dílčí koeficient nám udává plochu oválu zploštělého průřezu multifilu dělenou součtem ploch všech vláken v multifilu. Na základě výpočtů byla pro koeficient K_1 stanovena závislost uvedená ve vztahu (33) [3]. Pro běžný počet vláken v průřezu jsou hodnoty K_1 uvedeny v tabulce 3.

$$K_1 = \frac{b^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{1}{Z_p} - 1 \right)}{\frac{T}{\rho}} = \frac{\beta^2 d^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{1}{Z_p} - 1 \right)}{\sum_{i=1}^n \frac{\pi d_e^2}{4}}, \quad (32)$$

kde K_1 je dílčí koeficient objemnosti podle počtu vláken v průřezu multifilu, b je výška příčného řezu multifilu, Z_p je zploštění multifilu, T je jemnost multifilu, ρ je měrná hmotnost vláken, β je relativní výška příčného řezu multifilu, d_e je průměr vlákna, d je průměr multifilu a n je počet vláken v průřezu multifilu.

$$K_1 = 0,002n + 1,120 \quad (33)$$

Tabulka 3: Hodnoty pro dílčí koeficient objemnosti K_1

n	1	12	16	18	25	32	36	40	60
K_1	1,000	1,144	1,152	1,156	1,170	1,184	1,192	1,200	1,240

Dílčí koeficient objemnosti podle počtu zákrutů K_2 vyjadřuje vliv druhu materiálu, počtu zákrutů a jemnosti multifilu na měrnou hmotnost multifilu. Na základě výpočtů byly pro K_2 stanoveny vztahy uvedené v tabulce 4 (tab. 3 a 4 je opět z [3]).

Tabulka 4: Hodnoty pro dílčí koeficient objemnosti K_2

Materiál	Rovnice	Obor platnosti
CV – viskóza CA – acetát CTA – triacetát CUP – měďnaté hedvábí	$K_2 = -0,00742\alpha_m + 1,91356$	$0 \leq \alpha_m \leq 128$
PA – polyamid	$K_2 = -0,00239\alpha_m + 0,95976$	$0 \leq \alpha_m \leq 81$
PES – polyester	$K_2 = -0,00530\alpha_m + 1,31900$	$0 \leq \alpha_m \leq 90$

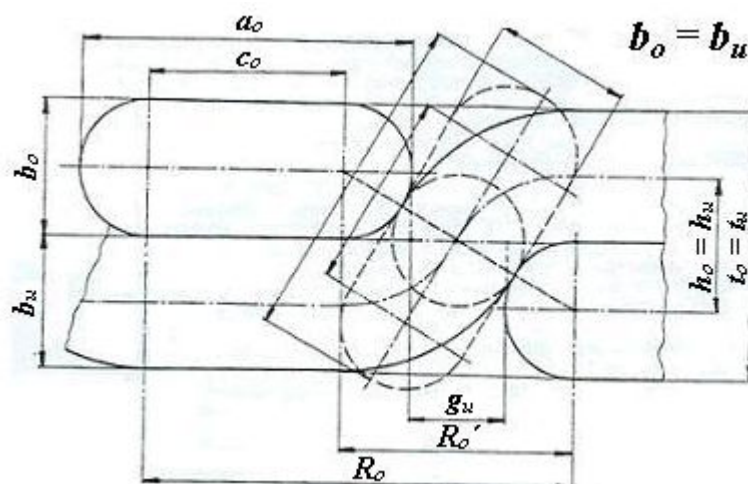
Kde K_2 je dílčí koeficient objemnosti podle počtu zákrutů, α_m je Koechlinův zákrutový koeficient (dle vztahu (13a)).

Poznatky, které jsou uvedeny v této kapitole je třeba dle [3] respektovat při projektování tkanin z multifilu. Jedná se především o konstrukce tkanin na bázi plnosti a zakrytí. Vztahy pro výpočet plnosti a zakrytí, které uvažují charakteristické zploštění průřezu ve vazném bodě tkanin z multifilu jsou uvedeny v kap. 2.6.1 a 2.6.2.

2.5.1.1 Geometrický model multifilu – zploštělý průřez

Pochopení teorie kruhových průřezů je nezbytné pro základní úvahy v teoriích nekruhových průřezů [12]. Teorie nekruhových průřezů je z matematického hlediska složitější než teorie kruhových průřezů.

Geometrický model vycházející z tvaru oválu zploštělého průřezu multifilu ve tkanině s plátňovou vazbou je schématicky znázorněn na obr. 9.



Obr. 9 Vazná buňka tkaniny (náhrada průřezů oválem)

Kde a_o je šířka příčného řezu multifilu v osnově a b_o (b_u) je výška příčného řezu multifilu v osnově (útku), c_o je zploštělý úsek v osnově, h_o (h_u) je výška zvlnění osnovy

(útku), t_o (t_u) je tloušťka tkaniny, g_u prostor nutný k zakřížení pro útek, R_o je velikost prostoru jedné nitě – zploštělý průřez a R_o' je velikost prostoru jedné nitě – kruhový průřez.

Zjednodušený model zobrazuje tkaninu s těsným geometrickým nahuštěním (s limitní dostavou). Tkanina je vyrovnaná – součet výšky osnovy b_o a výšky útku b_u je roven tloušťce tkaniny. Známé vzorce pro kruhové průřezy (uvedeny např. v [12]) na výpočet roztečí (A_o , A_u), zakrytí (Z_c), plnosti (P) apod. se v podstatě nezmění. Pouze je dle [3] nutné k části R_o' ve výpočtech přidávat zploštělé úseky c a místo průměru d dosazovat ke zploštělým úsekům c zároveň výšku příčného řezu multifilu b .

2.5.1.2 Geometrické hypotézy

Geometrické hypotézy vyjadřují vztah mezi parametry příčného řezu před a po deformaci [1], [2], [7].

- První alternativní hypotéza o zachování plochy předpokládá, že se plocha původní nestlačené niti s deformací nemění. Pro oval, elipsu a čočku získáme pak závislost mezi relativním rozšířením a relativním stlačením:

$$\text{oval} \quad \varepsilon_2 = (\varepsilon_1^2(1 - \pi/4) + \varepsilon_1(1 - \pi/2)) / (\varepsilon_1 + 1), \quad (34a)$$

$$\text{elipsa} \quad \varepsilon_2 = \frac{-\varepsilon_1}{(\varepsilon_1 + 1)}, \quad (34b)$$

$$\text{čočka} \quad \varepsilon_2 = \frac{1,11}{(\varepsilon_1 + 1)^{1,06} - 1}. \quad (34c)$$

Obor platnosti pro čočku je v intervalu relativního stlačení $\langle -0,7; 0 \rangle$ [1].

- Druhá alternativní hypotéza o zachování obvodu předpokládá, že se obvod původní nestlačené niti s deformací nemění. Pro oval, elipsu a čočku získáme pak závislost mezi relativním rozšířením a relativním stlačením:

$$\text{oval} \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_1 \left(1 - \frac{\pi}{2} \right), \quad (35a)$$

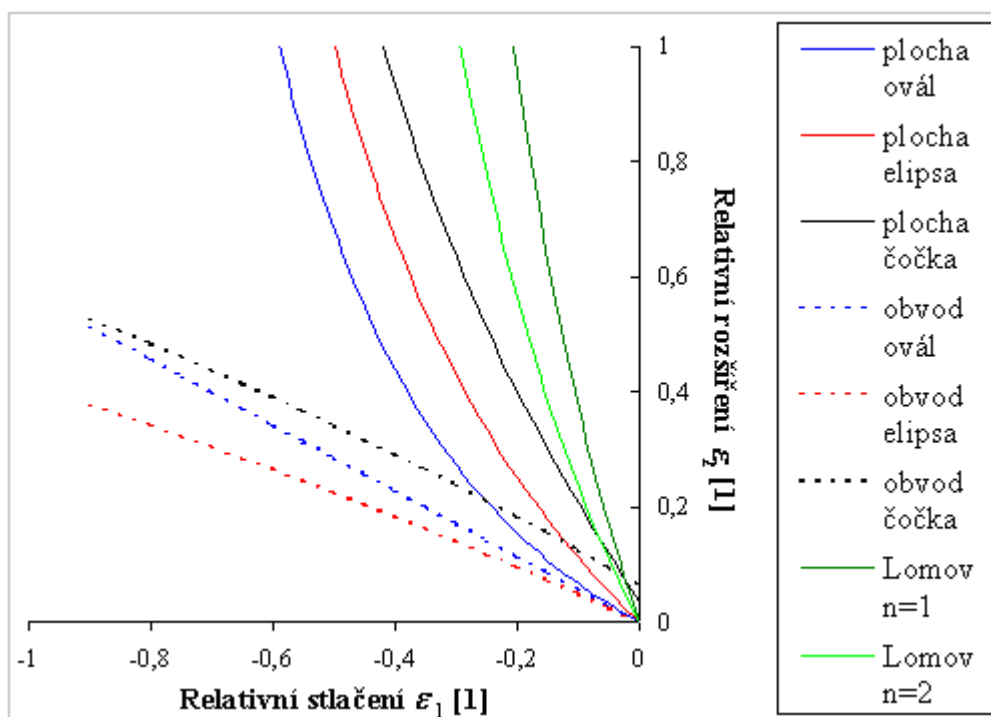
$$\text{elipsa} \quad \varepsilon_2 = \sqrt{2 - (\varepsilon_1 + 1)^2} - 1, \quad (35b)$$

$$\text{čočka} \quad \varepsilon_2 = \sqrt{\left(\frac{\pi}{2}\right)^2 - \frac{4}{3}(\varepsilon_1 + 1)^2} - 1. \quad (35c)$$

Obě alternativní hypotézy lze vyjádřit též závislostí mezi relativní šířkou a relativní výškou. Tato závislost pro ovál, elipsu a čočku je uvedena např. v [1]. Vztahy mezi relativním rozšířením a relativním stlačením lze vyjádřit též obrázkem (obr. 10). Vztah mezi relativním rozšířením a relativním stlačením doporučený Lomovem v [14] je:

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{(\varepsilon_1 + 1)^n} - 1, \quad (36)$$

kde je za n doporučeno dosadit hodnoty v intervalu $\langle 1; 2 \rangle$.



Obr. 10 Vztah mezi relativním rozšířením a relativním stlačením

Zhodnocení obou alternativních hypotéz vzhledem ke strukturním závislostem niti vychází z předpokladu, že příčný řez nezatkané („volné“) niti je kruhový. Tudíž má při shodném obsahu s jinými útvary nejmenší obvod a při shodném obvodu největší plochu.

Pokud přijmeme hypotézu o konstantní ploše příčného řezu, pak roste obvod deformovaného řezu v důsledku změny původně kruhového řezu na jiný prostorový útvar. Tak lze předpokládat, že změny v obvodu příčných řezů nejsou zapříčiněny jen

změnou průřezu, ale i uvolněním dostředivých, které jsou vyvozovány přibližně šroubovicovou strukturou uspořádání vláken. Tato hypotéza dále naznačuje, že se při deformaci niti nemění objem mezivláknenných pórů, tím zůstává zachováno zaplnění.

V případě hypotézy o konstantním obvodu příčného řezu niti plocha deformovaného řezu klesá. Z čehož vyplývá, že se zvyšuje mezivláknenný kontakt jednotlivých vláken – zaplnění roste. Dochází k destrukci celé původní struktury niti.

Na základě analýzy parametrů příčného řezu multifilu ve vazném bodě tkaniny bylo zjištěno (práce [1], [11], [17]), že se multifil svým charakterem blíží hypotéze o konstantní ploše průřezu, což ukazuje na fakt, že se zaplnění příliš nemění (protože již při nízkém počtu zákrutů zaujímají vlákna v průřezu optimální pozici).

2.6 Aplikace deformace multifilu při projektování tkanin

Jedním z hlavních účelů projektování tkanin z multifilu je předpověď vlastností tkaniny, aniž by byla vyrobena. Při projektování tkanin z multifilu je nutné, aby byl kladen důraz na strukturu a geometrii těchto tkanin. Konstrukce tkanin z multifilu na základě znalosti těchto specifických parametrů byla řešena v pracích Bohadla (např. v [3]).

2.6.1 Plošné zakrytí tkaniny uvažující zploštění průřezu multifilu ve tkanině

Pro výpočet plošného zakrytí s respektováním specifického zploštění lze využít vztah (19). Je však nutné, abychom za Z_o a Z_u dosadili hodnoty dle níže uvedených vztahů:

$$Z_o = D_o \cdot a_o = D_o \cdot d_o \cdot \alpha_o, \quad (37a)$$

$$Z_u = D_u \cdot a_u = D_u \cdot d_u \cdot \alpha_u, \quad (37b)$$

kde Z_o (Z_u) je zakrytí osnovy (útku), d_o (d_u) je průměr osnovní (útkové) niti, D_o (D_u) je dostava osnovy (útku), a_o (a_u) je šířka příčného řezu osnovní (útkové) niti a α_o (α_u) je relativní šířka příčného řezu osnovní (útkové) niti. Hodnoty relativní šířky je možné získat z tabulky 1 nebo výpočtem dle (26a).

2.6.2 Plnost tkaniny uvažující zploštění průřezu multifilu ve tkanině

Plnost tkaniny udává zakrytí posuzované tkaniny vzhledem ke tkanině, kde osnova i útek jsou těsně geometricky nahuštěny (s limitní dostavou) s ohledem na rozměry niti

(např. šířku příčného řezu multifilu) a vazbu tkaniny [3]. Plnost tkaniny je důležitým ukazatelem, udávajícím, jak pevně je tkanina provázaná [12]. Maximálně nahuštěná tkanina má $P = 100\%$ (limitní zaplnění), čím je P nižší, tím je tkanina volněji provázaná. Definována může být samostatně pro osnovu (39a) i pro útek (39b). Procento plnosti pro multifil vychází z obdobných vztahů (tyto vztahy jsou uvedeny např. v [5], [6], [12]) jako pro staplové příze, kde se uvažují pouze kruhové průřezy. Rozměry multifilu je však nutno brát zploštělé. Dle Bohadla byly pro výpočet plnosti tkaniny navrženy následující vztahy [3]:

$$P_{tk} = \frac{P_o + P_u}{2}, \quad (38)$$

$$P_o = D_o \cdot d_o (\gamma_o + \beta_o \cdot C_o), \quad (39a)$$

$$P_u = D_u \cdot d_u (\gamma_u + \beta_u \cdot C_u), \quad (39b)$$

kde P_{tk} je plnost tkaniny, P_o (P_u) je plnost osnovy (útku), D_o (D_u) je dostava osnovy (útku), d_o (d_u) je průměr osnovní (útkové) nití, γ je parametr γ – rozdíl relativní šířky a relativní výšky (který získáme buď výpočtem dle vztahu (27) nebo z tabulky 1), β je relativní výška (lze získat též výpočtem (26b) nebo z tab. 1) a C_o (C_u) je vazební koeficient pro osnovu (útek).

Vzhledem k tomu, že vazba je jedním z rozhodujících faktorů při výpočtu procenta plnosti, je nutno brát v úvahu její vliv. Vazební koeficient ze vztahu (39a) a (39b) je daný následujícími vztahy:

$$C_o = \frac{n_s + 2g_o}{n_s}, \quad (40a)$$

$$C_u = \frac{n_s + 2g_u}{n_s}, \quad (40b)$$

přičemž:

$$g_o = \sqrt{1 + \frac{2b_u}{b_o}} - 1, \quad (41a)$$

$$g_u = \sqrt{1 + \frac{2b_o}{b_u}} - 1, \quad (41b)$$

kde C_o (C_u) je vazební koeficient pro osnovu (útek), n_s je počet nití ve střídě vazby, g_o (g_u) je prostor nutný k zakřížení pro osnovu (útek) a b_o (b_u) je výška příčného řezu multifilu v osnově (útku).

3. Experimentální část

Experimenty popsané v této kapitole jsou zaměřeny na zjišťování specifických parametrů tkanin z multifilu. Pro předložené vzorky multifilových tkanin byla provedena analýza struktury z příčných řezů těchto tkanin. Na základě experimentu byla zjišťována velikost deformace průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny.

Naměřené hodnoty byly porovnány s modely ze stávajících systémů projektování tkanin z multifilu. Z výsledků těchto vyhodnocení byly v kap. 3.3.1.3 navrženy modely nové. Výsledné modely je vhodné použít např. pro konstrukci geometrického modelu příčného řezu tkaniny z multifilu.

3.1 Popis vzorků tkanin

Pro experimentální analýzu tkanin z multifilu byly použity dvě sady tkanin. Základní parametry těchto tkanin jsou uvedeny v tabulkách 5a, 5b. Parametry tkanin jsou jmenovité, v případě měrné hmotnosti zjištěné z literatury [7].

Tkaniny použité pro experiment byly v režném stavu, neprošly tedy žádnou úpravou. Výroba tkanin byla provedena ve Spolsinu s.r.o.

Tabulka 5a: Popis vzorků tkanin I

Označení vzorku		Vazba	D _o [nití/cm]	D _u [nití/cm]	T _o [dtex]	T _u [dtex]
1	1. sada vzorků	plátno	44	27	78	75
2		plátno	44	32	78	75
3		kepr (2/1)	48	34	78	75
4		kepr (2/1)	48	37	78	75
5		atlas (4/1)	80	22	78	75
6		atlas (4/1)	80	28	78	75
7	2. sada vzorků	plátno	36	20	167	167
8		plátno	36	25	167	167
9		kepr (2/1)	45	26	167	167
10		kepr (2/1)	45	21	167	167
11		atlas (4/1)	64	26	167	167
12		atlas (4/1)	64	18	167	167

Pozn.: Vyskytnou-li se u vzorků v textu, či v obrázcích označení „x“, popř. „-“, má se tím namysli úsek vazného bodu s překřížením, popř. bez překřížení (flotující úsek).

Tabulka 5b: Popis vzorků tkanin II

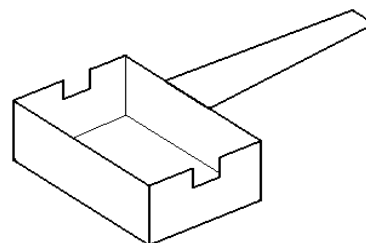
	1. sada vzorků		2. sada vzorků	
	Osnova	Útek	Osnova	Útek
Materiál	Polyester			
Počet vláken v průřezu	24	36	36	34
Zákrut [m^{-1}]	300	OZ	300	OZ
Měrná hmotnost vláken [kgm^{-3}]	1360			

3. 2 Tvorba „měkkých“ příčných řezů tkaniny

Jako vhodná metoda k měření specifických parametrů příčných řezů tkaniny z multifilu se osvědčilo využití obrazové analýzy. Bylo však nutné příčné řezy získat v odpovídající kvalitě (aby řezy nebyly deformované, neměly vypadaná vlákna apod.). Jako nejvhodnější byla zvolena metoda „měkkých“ příčných řezů [13].

Podstatou zkoušky je zalití textilie do média po jehož ztuhnutí vzniká bloček, z něhož se speciální technikou oddělují mikroskopické řezy. Doporučený postup tvorby „měkkých“ příčných řezů lze shrnout do těchto fází:

- odběr vzorků – jedná se o vystříhnutí vzorků o velikosti 6x6 cm ve směru diagonály tak, aby v každém vzorku byly jiné skupiny osnovních a útkových nití;
- fixace polohy vláken – vlákna je nutno fixovat pomocí dvojí impregnace, přičemž první se provádí směsí disperzního lepidla (např. Gama Fix Henkel) a rychlosmáčecího přípravku (např. Spolion 8), druhá disperzním lepidlem;
- nařezání vzorků 6x6 cm na úzké proužky (šířky 3 – 4 mm); požadujeme-li příčné řezy osnovou, řežeme ve směru útku, požadujeme-li příčné řezy útkem, řežeme ve směru osnovy;
- upevnění vzorků – provádí se např. do plechové vaničky (obr. 11), jejíž stěny je nutno oblepit lepící páskou, abychom zabránili úniku směsi vosku; šířka zářezů ve stěnách vaničky je cca 4 mm pro plošné textilie;



Obr. 11 Plechová vanička pro upevnění vzorků

- zalití vzorků upevněných ve vaničce rozehrátou směsí včelího vosku a parafinu; po vychlazení je nutno vzorky vložit do mrazničky ($-18^{\circ}C$);
- vyjmutí bločků z vaniček a seříznutí odlamovacím nožkem (popř. žiletkou) do tvaru čtyřbokého jehlanu;

- řezání – chlazený nůž a seříznutý bloček je upnut do mikrotomu; doporučená tloušťka řezu pro hodnocení deformace multifilu ve tkanině je 40 až 50 μm ; jednotlivé řezy tvoří pásek, který se pomocí jehličky umístí na podložní sklíčko a zakápně xylenem, který směs vosku a parafinu rozpustí;
- na takto připraveném preparátu lze prostřednictvím obrazové analýzy hodnotit parametry popisující vnitřní strukturu tkaniny z multifilu.

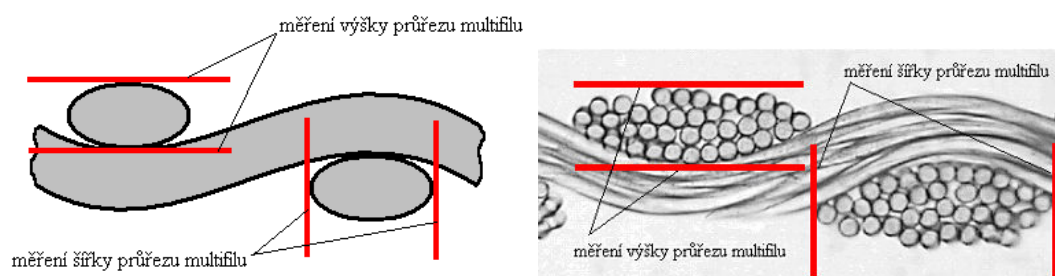
3.3 Výsledky naměřených parametrů

V této kapitole jsou uvedeny výsledky získané z naměřených parametrů příčných řezů tkaniny z multifilu. Kapitola 3.3.1.1 srovnává zploštění z experimentu a zploštění vypočtené dle stávajících modelů podle Bohadla. Kapitola 3.3.1.2 hodnotí závislost relativního rozšíření a relativního stlačení průřezu z hlediska alternativních hypotéz, zároveň hodnotí vztahy uvedené v rešeršní části (34c) a (36), které jsou zde porovnány s naměřenými daty. Kapitola 3.3.1.3 hodnotí závislost relativního rozšíření a relativního stlačení s naměřenými daty podrobněji. Hlavním výsledkem této kapitoly jsou nově navržené modely pro relativní rozšíření a relativní stlačení průřezu ve vazné buňce tkaniny z multifilu.

V kapitole 3.3.2 je na základě zjištěných poznatků navržen postup konstrukce geometrického modelu příčného řezu tkaniny z multifilu.

3.3.1 Parametry průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny

Měření šířky a výšky průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny (obr. 12) bylo provedeno pomocí obrazové analýzy software NisElements. Naměřená data byla následně statisticky vyhodnocena.

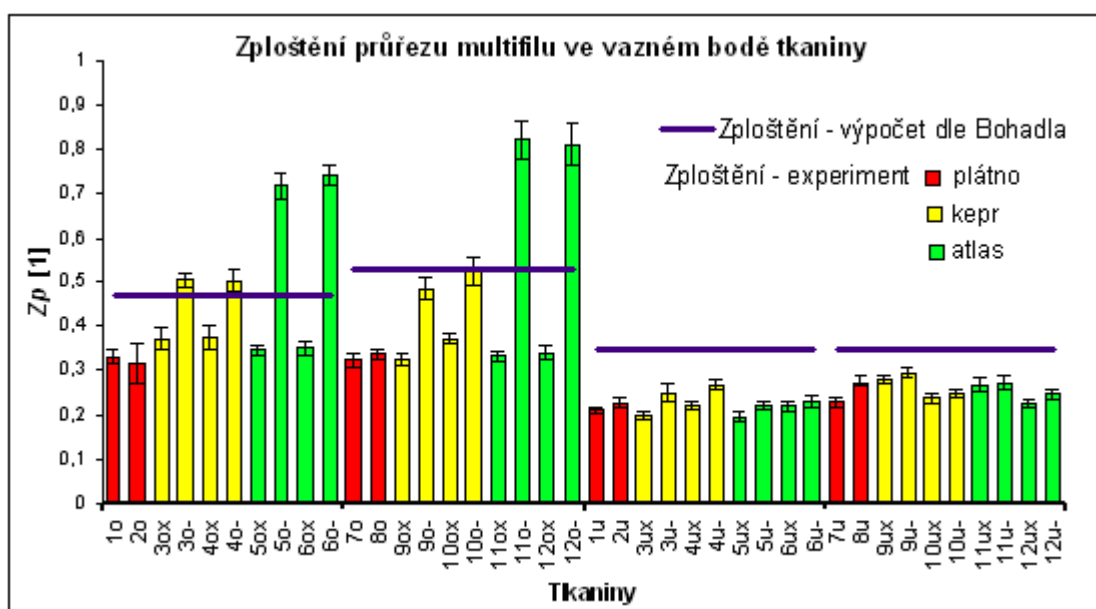


Obr. 12 Měření šířky a výšky průřezu multifilu pomocí obrazové analýzy (představa, reálný snímek)

Z naměřených hodnot šířky a výšky průřezu multifilu byla dle vztahů (26a) a (26b) vypočtena relativní šířka a relativní výška průřezu multifilu. Za průměr multifilu byla dosazena hodnota vypočtená dle vztahu (10b) s použitím limitního zaplnění doporučeného pro multifil (0,7). Z výpočtů relativní šířky a relativní výšky byly pomocí vztahů (28b) a (28a) vypočteny hodnoty relativního rozšíření a relativního stlačení multifilu. Výsledky získané z těchto hodnot jsou v kapitolách 3.3.1.1 a 3.3.1.2 graficky znázorněny a diskutovány.

3.3.1.1 Zploštění průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny

Na obr. 13 je porovnáno zploštění průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny z experimentu a vypočtené dle regresních vztahů podle Bohadla [3].



Obr. 13 Zploštění průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny z experimentu a vypočtené dle regresních vztahů podle Bohadla (viz tab. 2)

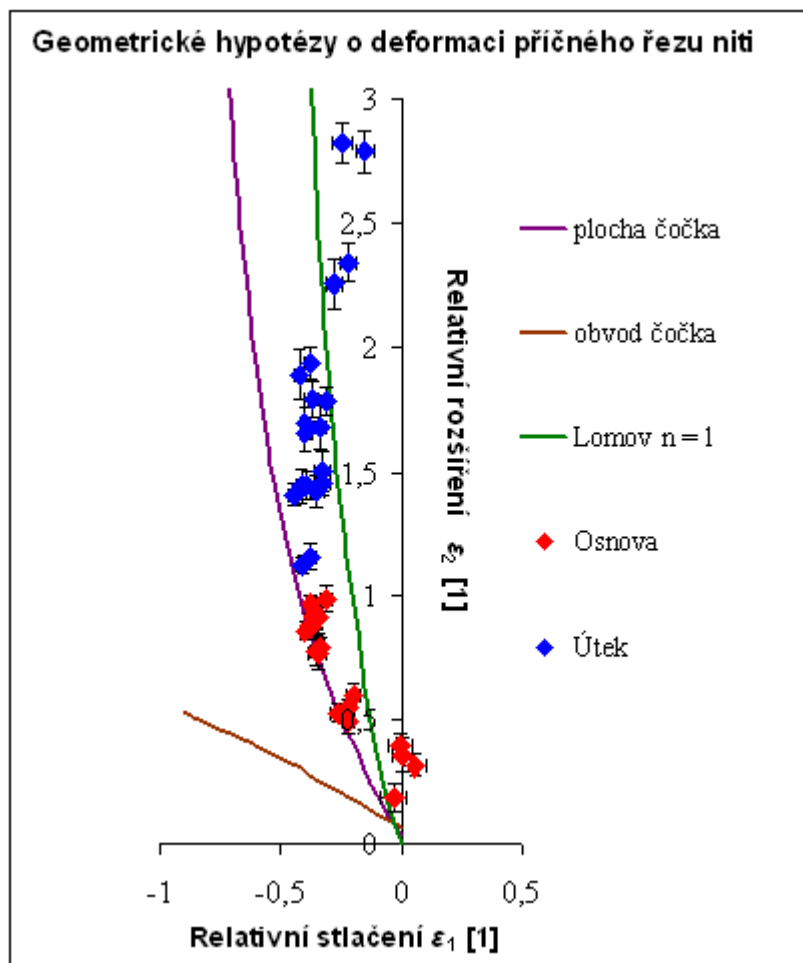
Diskuze

Zploštění průřezu vypočtené dle regresních vztahů podle Bohadla (viz tab. 2) vychází celkově vyšší než zploštění z experimentu s výjimkou keprů a atlasů ve flotujícím úseku u osnovy. Lze usoudit, že Bohadlo různé vlivné faktory (např. zákrut) nadhodnocuje. Hodnoty zploštění ve vazném bodě s překřížením a vazném bodě bez překřížení vycházejí dle regresních vztahů podle Bohadla shodně, poněvadž Bohadlo neuvažoval možný rozdíl, což je nesprávné (viz i [17]). Systém projektování tkanin z multifilu dle Bohadla byl vypracován pouze na základě řezů plátna, pro ostatní vazby byl dopracován

pouze teoreticky s uvažováním shodného zploštění nití ve vazném bodě s překřížením a bez křížení. Stejně tak v těchto modelech není uvažován vliv vazby, který má ovšem na zploštění příčného řezu multifilu svůj podíl.

3.3.1.2 Velikost deformace průřezu z hlediska alternativních hypotéz

Na obr. 14 jsou vyznačeny výsledky relativního rozšíření a relativního stlačení průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny z hlediska alternativních hypotéz.



Obr. 14 Závislost relativního rozšíření a relativního stlačení ve vazném bodě tkaniny z hlediska alternativních hypotéz (viz kap. 2.5.1.2)

Diskuze

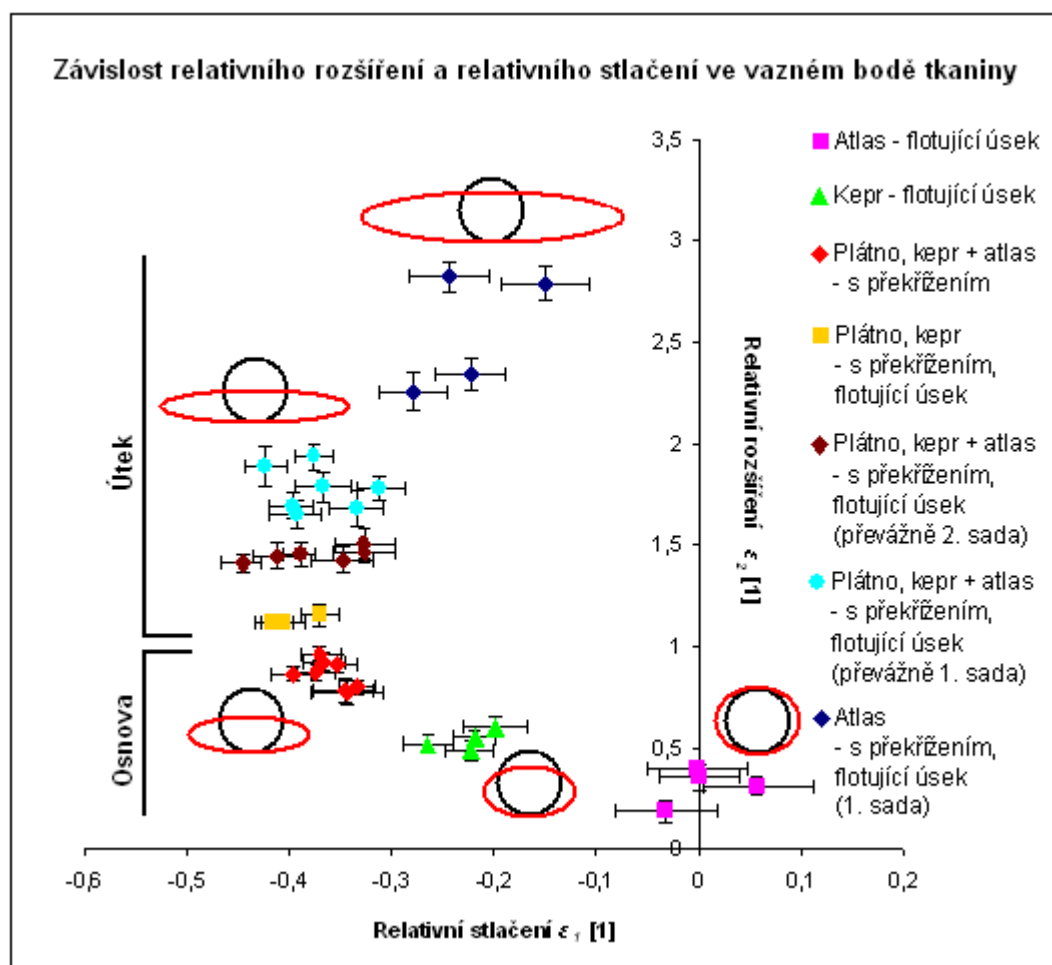
Lze konstatovat, že závislost mezi relativním rozšířením a relativním stlačením průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny se z hlediska alternativních hypotéz (viz kap. 2.5.1.2) nejvíce blíží první alternativní hypotéze, která uvažuje, že se plocha průřezu původní nestlačené nití deformací nemění. Čili zaplnění neroste a v reálném případě může jen klesat. Průběh naměřené závislosti mezi relativním rozšířením a relativním stlačením

průřezu multifilu je u útku téměř totožný s průběhem vypočteným dle vztahu (34c), který je určený pro tvar plochy čocky. Osnova se svým průběhem řídí spíše dle vztahu (36), který je doporučený Lomovem v [14]. Pro posouzení platnosti vztahů (34c) a (36) se jako vyhovující ukázalo shodné měřítko na osách.

Přesněji lze popsat závislost vztahy navrženými v této práci (viz kap. 3.3.1.2). Z pohledu geometrických hypotéz lze ještě konstatovat, že dochází k jakémusi „zředění“ struktury tj. zaplnění klesá. Vlivným faktorem je jak poměrně vysoká hodnota zaplnění 0,7, která je použita při výpočtu průměru „volného“ multifilu, tak i relativně nízký zákrut (který vyvozuje dostředné síly).

3.3.1.3 Závislost relativního rozšíření a relativního stlačení průřezu

Na obr. 15 jsou vyznačeny výsledky relativního rozšíření a relativního stlačení průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny.



Obr. 15 Závislost relativního rozšíření a relativního stlačení ve vazném bodě tkaniny (znázornění deformace průřezu multifilu)

Diskuze

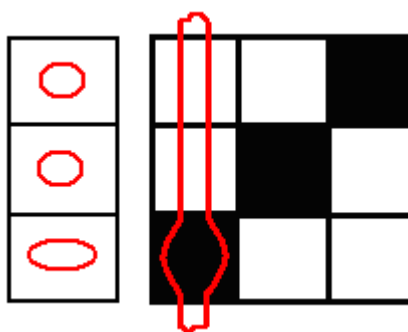
Měřítka na osách bylo z důvodu lepší čitelnosti grafu zvoleno rozdílné.

Lze konstatovat, že chování nití v osnově a v útku je odlišné, patrně vlivem odlišného zákrutu, který je v útku pouze ochranný (cca 3 m^{-1}), což odpovídá běžně tkaným hedvábnickým tkaninám. Proto bylo rozhodnuto hodnotit a vyvozovat závěry pro parametry příčného řezu po osnově a po útku odděleně.

Pro **osnovu** je možno konstatovat, že dochází k nejnižšímu relativnímu rozšíření a téměř nulovému relativnímu stlačení u vazby **atlasové ve flotujícím úseku**, což je způsobeno zejména dostavou osnovy, která má u těchto tkanin nejvyšší hodnotu, a to u obou sad. Tento trend zároveň podporuje i zákrut, který v kombinaci s vysokou dostavou znemožňuje „rozpadnutí“ multifilu, a ten má tudíž v tomto případě tvar nejvíce podobný kruhu.

U **keprové vazby ve flotujícím úseku** lze pozorovat nižší relativní stačení a vyšší relativní rozšíření než v předchozím případě, jelikož u keprové vazby je použita nižší dostava osnovy než je tomu v případě vazby atlasové.

K nejnižšímu relativnímu stlačení a nejvyššímu relativnímu rozšíření v případě osnovy dochází v provazujících úsecích, tzn. **vazných bodech s překřížením**, téměř u všech zkoumaných vazeb. Lze to přisoudit vlivu většího zakřivení v ohybu osnovy kolem útku v tomto provazujícím úseku (viz obr. 16). Nutno podotknout, že může dojít i k přesně opačnému trendu, a to u neplátňových vazeb ve flotujících úsecích při použití multifilu s ochranným zákrutem a při nízké dostavě (viz útek).



Obr. 16 Větší zploštění osnovy v provazujícím úseku

Navíc u plátňové vazby je hodnota dostavy osnovy nejnižší, což také přispívá k tomu, aby zde bylo rozšíření průřezu multifilu nejvyšší.

Závislost relativního rozšíření a relativního stlačení má u osnovy přibližně lineární průběh, který lze popsat regresním vztahem (42)

$$\varepsilon_2 = -1,57\varepsilon_1 + 0,30, \quad (42)$$

kde ε_2 je relativní rozšíření průřezu a ε_1 je relativní stlačení průřezu.

Pro posouzení vlivu jednotlivých technologických faktorů byly zkoumány tyto faktory:

- faktor 1 vazba,
- faktor 2 křížení,
- faktor 3 dostava [m^{-1}].

Pro predikci relativního stlačení pro osnovu byl podle kritéria minimalizace střední kvadratické chyby predikce (MEP) nalezen optimální regresní model ve tvaru:

$$\varepsilon_1 = f_{12} + 4,07 \cdot 10^{-5} D_o, \quad (43)$$

kde ε_1 je relativní stlačení průřezu, f_{12} je faktor vazby a křížení, D_o je dostava osnovy.

Pro faktor vazby a křížení pro osnovu byly navrženy koeficienty uvedené v tab.

6. Tyto koeficienty je nutno používat s ohledem na použitou vazbu a provazující, či flotující úsek Výpočet tohoto faktoru je podrobně rozepsány v tab. 6 v příloze 1.

Tab. 6: Faktor vazby a křížení pro jednotlivé vazby, provazující a flotující úseky (pro osnovu)

	Faktor vazby a křížení f_{12}
Plátno	-0,55
Kepr s překřížením	-0,57
Kepr bez překřížení (flotující úsek)	-0,34
Atlas s překřížením	-0,59
Atlas bez překřížení (flotující úsek)	-0,36

Podobně jako u osnovy v úseku s překřížením se chová i **útek** - plátno, kepr a atlas (1. i 2. sady označené v grafu na obrázku 15 ●, ●, ●). Vyšších hodnot relativního rozšíření zde dosahují příčné řezy osnovy **převážně 1. sady**. Je to způsobeno kombinací mnoha faktorů, kde nejvýznamnější vliv má kombinace ochranného zákrutu, nízké jemnosti a malého počtu vláken v průřezu multifilu.

Nejvyšší hodnoty relativního rozšíření u všech zkoumaných vzorků dosahují zploštělé průřezy u **atlasové vazby 1. sady**, a to v úseku flotujícím i provazujícím, což pravděpodobně způsobila kombinace velmi nízké dostavy a ochranného zákrutu. U těchto tkanin dochází k nejvyššímu rozšíření nití.

Závislost relativního rozšíření a relativního stlačení u útku má stejně jako u osnovy přibližně lineární průběh, který lze popsat regresním vztahem (44)

$$\varepsilon_2 = 5,22\varepsilon_1 + 3,54, \quad (44)$$

kde ε_2 je relativní rozšíření průřezu a ε_1 je relativní stlačení průřezu.

Pro predikci relativního stlačení pro útek byl podle kritéria minimalizace střední kvadratické chyby predikce (MEP) nalezen optimální regresní model ve tvaru:

$$\varepsilon_1 = f_{12} + 6,23 \cdot 10^{-6} D_u, \quad (45)$$

kde ε_1 je relativní stlačení průřezu, f_{12} je faktor vazby a křížení, D_u je dostava útku.

Pro faktor vazby a křížení pro útek byly navrženy koeficienty uvedené v tab. 7. Pro tyto koeficienty platí stejné zásady jako pro koeficienty útku. Výpočet tohoto faktoru je podrobně rozepsán v tab. 6 v příloze 1.

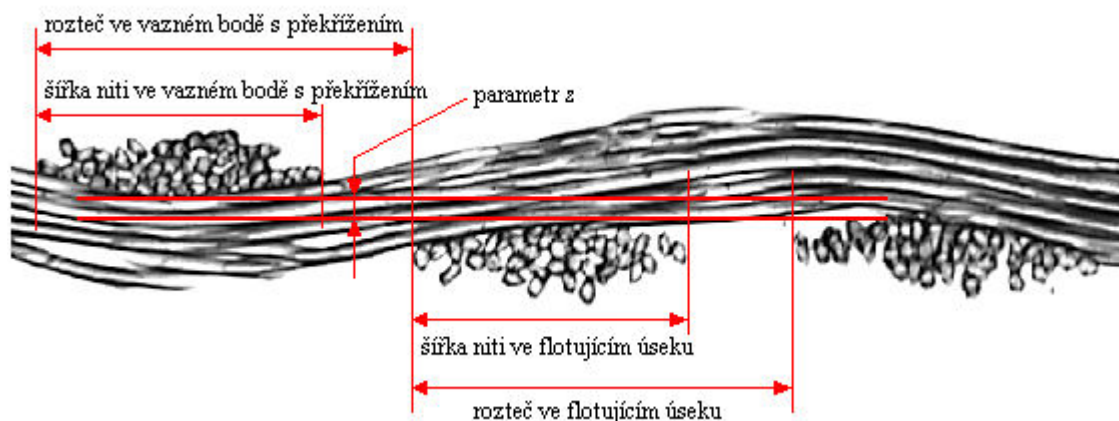
Tab. 7: Faktor vazby a křížení pro jednotlivé vazby, provazující a flotující úseky (pro útek)

	Faktor vazby a křížení f_{12}
Plátno	-0,45
Kepr s překřížením	-0,39
Kepr bez překřížení (flotující úsek)	-0,35
Atlas s překřížením	-0,33
Atlas bez překřížení (flotující úsek)	-0,29

3.3.2 Konstrukce geometrického modelu příčného řezu tkaniny z multifilu

Z výsledků měření, které bylo poměrně rozsáhlé, bylo možno pozorovat některé zvláštnosti chování struktury oproti idealizovaným předpokladům. Bylo rozhodnuto, tato data v rámci diplomové práce také zpracovat a naměřit i další parametry, které charakterizují celé provázání (průběh vazné vlny).

Pro popis a nalezení vhodného geometrického modelu, který by příčný řez tkaniny z multifilu jednoduše vystihl, byly v řezu proměřovány následující parametry: rozteč nití ve vazném bodě s překřížením, rozteč nití ve flotujícím úseku, šířka a výška niti ve vazném bodě s překřížením, šířka a výška niti ve flotujícím úseku a vertikální vzdálenost sousedních nití parametr z (viz obr. 17).

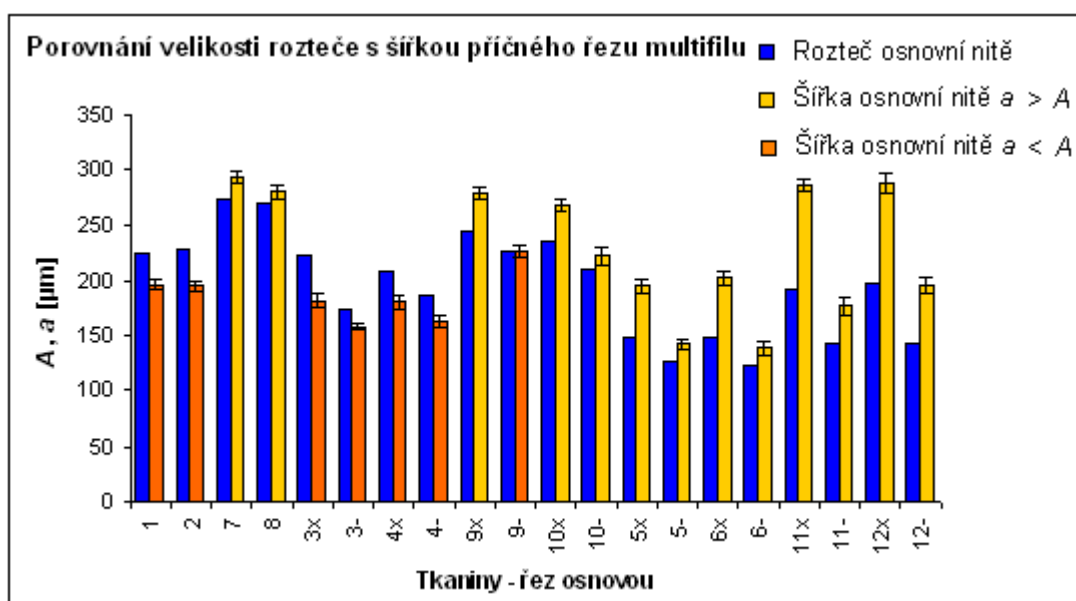


Obr. 17 Měření parametry v příčném řezu vaznou vlnou multifilu

Jak se v experimentu ukázalo je třeba zohlednit prostor pro rozšíření nití. Z hlediska popisu vazné vlny nastávají dva případy:

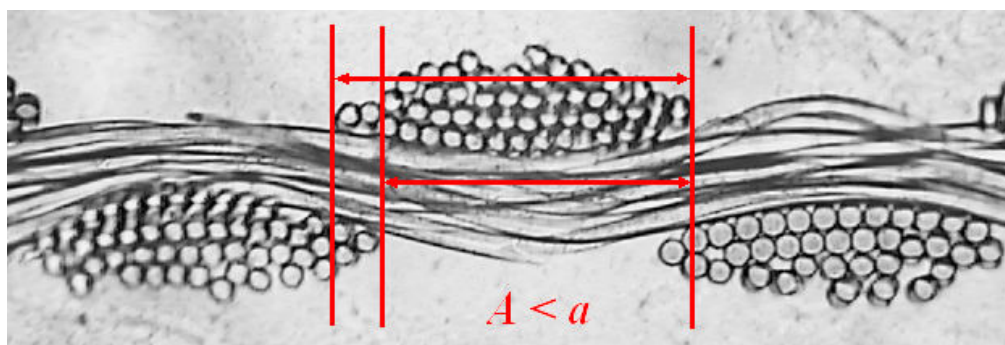
- šířka průřezu nitě je menší nebo stejně dlouhá jako rozteč $A \leq a$,
- šířka průřezu nitě je větší než rozteč $A > a$.

V příčném řezu osnovou nastaly oba zmíněné případy (viz obr. 18), v příčném řezu útkem nastal pouze druhý případ (viz obr. 4 v příloze 1), tj. šířka útkových nití je menší než rozteč útkových nití, a to i přes to, že útek má pouze ochranný zákrut a „volný“ prostor pro rozšíření. Lze to přisoudit vlivu dostavy, která je u útku až 3,5krát nižší než u osnovy.



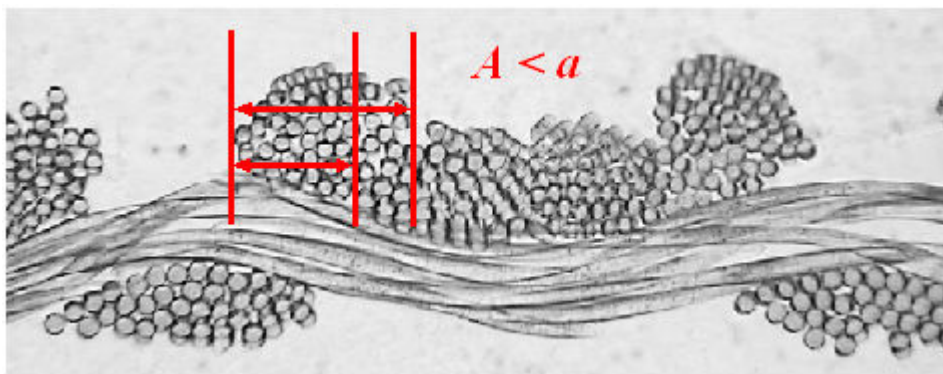
Obr. 18 Velikosti roztečí a šířek průřezů multifilu (osnova)

V průřezích, kde jsou šířky příčných řezů vyšší než prostory pro rozšíření dochází k jakémusi „překrývání“ nití jak je vidět na obrázku 19 a 20. S tímto trendem je nutno počítat při konstrukci průřezu tkaniny z multifilu.



Obr. 19 Větší šířka průřezů multifilu než prostor pro rozšíření u vazby plátnové (osnova)

Dále se ukázalo, že je třeba zohlednit prostor pro rozšíření nití obzvláště v místech vedle sebe ležících nití ve flotujících úsecích pro vysoce dostavené tkaniny. Jako příklad je zde uveden obrázek příčného řezu osnovy v atlasové vazbě (viz obr. 20).



Obr. 20 Větší šířka průřezů multifilu než prostor pro rozšíření u vazby atlasové (osnova)

Důležitým faktorem pro konstrukci průřezu tkaniny jsou parametry (a , b , A , H , h apod.) zmiňované již v kapitolách 2.3 Základní parametry tkanin, 2.4.1 Popis vazné buňky tkaniny a 2.5.1.1 Náhrada příčného řezu multifilu.

Na základě zjištěných poznatků byl navržen tento postup konstrukce geometrického modelu příčného řezu tkaniny z multifilu:

- 1) Výpočet průměru d multifilu dle vztahu (10b) s doporučenou hodnotou zaplnění 0,7 (viz kap. 2.2.3).
- 2) Šířky a výšky průřezu multifilu pro vazbu, křížení a dostavu vypočítat dle nových modelů (42), (43), (44) a (45). Faktor vazby a provázání f_{12} je nutno

zvolit z tab. 6 a 7. Pro vazby ve kterých se vyskytují flotující úseky je nutno šířky a výšky spočítat zvlášť pro prostor s překřížením a bez překřížení (pro plátno jediná hodnota - nemá flotující úseky).

- 3) Stejně tak výpočet prostoru pro rozšíření je třeba spočítat zvlášť pro prostor v místě zakřížení nití (pro plátno též jediná hodnota) ze vztahů (16a), popř. (16b).
- 4) Porovnání šířky nití a a rozteče A ($1/D$).
- 5) Pro keprovou a atlasovou vazbu je třeba ještě vyčíslit a porovnat parametry a_c a l_f dle vztahů (46) a (47).

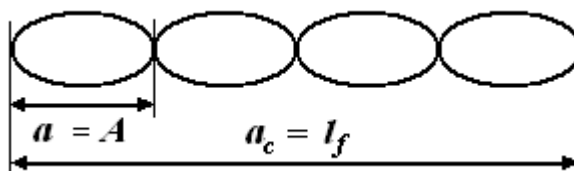
$$a_c = \sum_{i=1}^n a_i, \quad (46)$$

kde a_c je součet šířek nití ve flotujícím úseku, a_i je šířka nití ve flotujícím úseku.

$$l_f = \sum_{i=1}^n A_i, \quad (47)$$

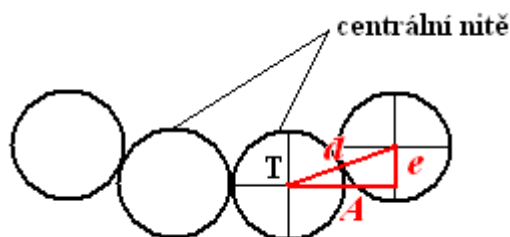
kde l_f je součet délek roztečí ve flotujícím úseku, A_i je délka jednotlivé rozteče nití ve flotujícím úseku.

- 6) Porovnání prostor a_c a l_f . Pokud je:
 - a) Součet šířek nití ve flotujícím úseku je menší nebo roven než délka flotujícího úseku $a_c \leq l_f$, pak lze řez tkaninou konstruovat přímo na základě rozteče ($1/D$).



Obr. 21 Součet šířek nití ve flotujícím úseku je roven délce flotujícího úseku

- b) Součet šířek nití ve flotujícím úseku je větší než délka flotujícího úseku $a_c > l_f$, pak je třeba určit umístění těžišť nití např. dle obr 22. Nejprve je třeba umístit centrální nit (resp. nitě – pokud se jedná o sudý počet) ve flotujícím úseku a dále vypočítat vzdálenost těžišť sousedních nití ve směru os x a y . Na výpočet vzdálenosti ve směru x lze využít vztah (46), pro výpočet vzdálenosti ve směru y je doporučen vztah (49), kde za průměr nitě se dosazuje hodnota vypočtená dle vztahu (48).



Obr. 22 Určení centrálních nití, těžiště niti a vertikální vzdálenosti os nití

$$d = \frac{a+b}{2}, \quad (48)$$

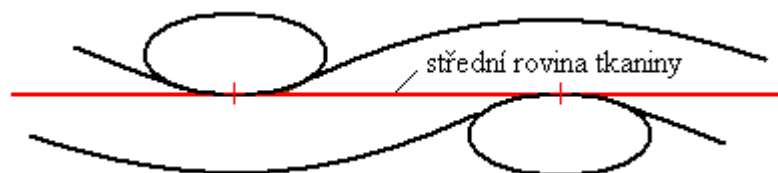
$$e = \sqrt{d^2 - A^2}, \quad (49)$$

kde d je průměr nitě vypočtený z šířek a a výšek b průřezu multifilu, které lze získat z kroku 2), e je vertikální vzdálenost os dvou sousedních nití ve flotujícím úseku a A je rozteč nití.

Konstrukce geometrického modelu příčného řezu tkaniny z multifilu podává do této fáze popis o horizontálních vzdálenostech (s výjimkou parametru e) jednotlivých průřezů. Pro identifikaci vzdálenosti průřezů (mezi nimiž je uvažován přechodový úsek niti z lící strany na rubní, příp. zpět) ve směru y byl naměřen a vyhodnocován parametr z (viz obr. 17). Výsledky jsou uvedeny v příloze 1 v tabulce 7 a grafu na obr. 2. Pro tento parametr nelze jednoznačně určit trend. Příčiny mohou být:

- malé množství naměřených parametrů z (práce je především zaměřena na vyhodnocení šířek a výšek příčných řezů multifilu ve tkanině),
- u některých řezů došlo v délce k ohnutí (toto je patrné především u vazeb s větším počtem nití ve střídě).

Pro orientační konstrukci lze doporučit, že absolutní hodnota parametru z je nula, jak lze pozorovat na obrázcích v příloze 2.



Obr. 23 Body dotyku osnovy a útku ve střední rovině tkaniny

Body dotyku osnovy a útku pak jsou ve střední rovině tkaniny (viz obr. 23). Toto je pro konstrukci modelu tkaniny z multifilu postačující předpoklad.

4. Závěr

V práci je formulován vliv základních parametrů na deformaci příčného řezu multifilu ve vazné buňce tkaniny. Pro předložené vzorky multifilových tkanin byla provedena analýza struktury z příčných řezů. Tkaniny na nichž byl prováděn experiment byly v rezném stavu. Z příčných řezů těchto tkanin byly pomocí obrazové analýzy naměřeny šířky a výšky průřezů vaznou buňkou tkaniny.

Z hlediska deformace příčného řezu multifilu bylo provedeno zhodnocení platnosti dostupných systémů projektování tkanin z multifilu. Naměřené hodnoty šířky a výšky příčného řezu byly přepočteny na zploštění a porovnány s modely ze stávajících systémů (Bohadlo). Zploštění průřezu vypočtené dle stávajících modelů (které se ale dosud používají) vychází celkově vyšší (tzn. průřez se více blíží tvaru kruhu) než zploštění z experimentu, jelikož modely různé vlivné faktory (např. zákrut) nadhodnocují. Tyto stávající modely neuvažují vliv vazby ani provázání (zda-li se jedná o vazný bod s překřížením, či flotující úsek) na deformaci příčného řezu multifilu ve tkanině.

Naměřené hodnoty šířky a výšky příčného řezu byly dále s použitím zaplnění 0,7 přepočteny na relativní rozšíření a relativní stlačení. Lze konstatovat, že závislost mezi relativním rozšířením a relativním stlačením průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny se z hlediska alternativních hypotéz přibližně chová podle první alternativní hypotézy, která uvažuje, že se plocha průřezu původní nestlačené niti deformací nemění. Chování útku lépe vystihuje vztah hypotézy o konstantní ploše čocky. Hodnoty zjištěné pro osnovu svým průběhem spíše odpovídají vztahu, který je doporučený jiným stávajícím systémem (Lomov). Z pohledu geometrických hypotéz lze ještě konstatovat, že dochází k jakémusi „zředění“ struktury tj. zaplnění klesá.

Na základě výsledků těchto vyhodnocení byly pro relativní rozšíření a relativní stlačení stanoveny modely nové. Modely jsou navrženy zvlášť pro osnovu a pro útek (které se liší především zákrutem) a na rozdíl od stávajících modelů uvažují vliv vazby a provázání, poněvadž právě provázání má, jak je ukázáno v experimentu, na deformaci průřezu multifilu ve vazné buňce vliv poměrně významný. Jako vstupní parametry do těchto modelů je nutné znát dostavu a jemnost. Výsledné modely lze použít např. pro konstrukci geometrického modelu příčného řezu tkaniny z multifilu. Postup konstrukce geometrického modelu příčného řezu tkaniny je navrhnout v poslední části práce.

Nově stanovené modely pro relativní rozšíření a relativní stlačení nelze jednoznačně doporučit pro výpočet zakrytí nebo plnosti tkaniny, neboť bylo zjištěno (více viz DP Jany Novotné), že deformované průřezy vaznou buňkou se v okolí inflexních bodů nerozšiřují tak jako v místě kontaktu osnovy a útku. Pro případné navazující diplomové práce je pro zjištění velikosti deformace průřezu v celé délce niti doporučeno provést analýzu příčných řezů i v okolí inflexních bodů.

Použitá literatura

- [1] DRAŠAROVÁ, Jana. *Analýza příčných řezů tkaniny : disertační práce*. Liberec : Technická univerzita, Fakulta textilní. 2004. 77 l., 20 l. příl.
- [2] DRAŠAROVÁ, Jana. *Deformace příčného řezu délkové textilie ve vazném bodě tkaniny : 7. národní konference STRUTEX*. Liberec : Technická univerzita, Fakulta textilní. 2000. Str. 127-134.
- [3] BOHADLO, Oldřich. Konstrukce hedvábných tkanin. *Textil*, 1973. Str. 287-292.
- [4] NOSEK, Stanislav. *Teorie tkacího procesu a formování tkaniny*. VÚB Ústí nad Orlicí. 1997-8.
- [5] NOSEK, Stanislav. *Struktura a geometrie tkanin*, VÚB Ústí nad Orlicí. 1976.
- [6] TALAVÁŠEK, Oldřich. *Tkalcovská příručka*. Praha : SNTL. 1980. 740 s.
- [7] NECKÁŘ, Bohuslav. *Příze. Tvorba, struktura, vlastnosti*. 1. vyd. Praha : SNTL. 1990. 452 s. ISBN 80-03-00213-3.
- [8] NECKÁŘ, Bohuslav. *Morfologie a strukturní mechanika obecných vláknenných útvarů*. 1. vyd. Liberec : Technická univerzita, Fakulta textilní. 1998. ISBN 80-7083-318-1.
- [9] KOVÁŘ, Radko. *Struktura a vlastnosti plošných textilií*. 1. vyd. Liberec : Technická univerzita, Fakulta textilní. 2002. 142 s. ISBN 80-7083-676-8.
- [10] MARKO, Ján. *Jádrová skaná nit : kandidátská práce*. Liberec : Technická univerzita, Fakulta textilní. 1990. 163 l.
- [11] FRONKOVÁ, Petra. *Radiální deformace multifilu ve vazném bodě : diplomová práce*. Liberec : Technická univerzita, Fakulta textilní. 2003. 53 l., 29 l. příl.
- [12] Kolektiv autorů. *Příručka textilního odborníka 2. část*. 1. vyd. Praha : SNTL. 1981. 1298 s.
- [13] Kolektiv autorů: *Interní normy VCT sekce B*. 2001.
- [14] LOMOV, Stepan Vladimirovitch, PEETERS, Tim. *Integrated textile preprocessor Wise Tex. Version 2.3. Computational methods and algorithms*. Leuven. 2002.
- [15] SIRKOVÁ, Brigita. *Matematický model pro vyjádření provázání nití ve tkanině s využitím Fourierových řad : disertační práce*. Liberec : Technická univerzita, Fakulta textilní. 2002. 167 l.

- [16] IBEHEJOVÁ, Marta. *Analýza struktury bavlněných sypkovin z příčných řezů : diplomová práce*. Liberec : Technická univerzita, Fakulta textilní. 2007. 55 l., 9 l. příl.
- [17] RAMBOUSKOVÁ, Martina. *Parametry multifilu v řezu tkaniny : bakalářská práce*. Liberec : Technická univerzita, Fakulta textilní. 2006. 42 l., 6 l. příl.

Příloha 1

Další geometrické parametry struktury tkaniny

Tabulka 1: Šířka a , výška b a zploštění průřezu Z_p multifilu ve vazném bodě tkaniny - experiment, výpočet dle Bohadla

Označení vzorku	a [μm]	IS a	b [μm]	IS b	Z_p [1] experiment	IS Z_p	Z_p [1] výpočet Bohadlo
1o	196,32	4,47	64,76	2,04	0,33	0,01	0,47
2o	195,46	4,39	66,11	1,95	0,31	0,04	0,47
3ox	181,74	6,30	66,81	3,02	0,37	0,03	0,47
3o-	157,98	3,07	79,80	2,11	0,51	0,02	0,47
4ox	180,53	6,22	67,04	3,59	0,37	0,03	0,47
4o-	163,17	4,88	81,86	3,17	0,50	0,02	0,47
5ox	195,75	6,55	67,47	1,83	0,35	0,01	0,47
5o-	142,57	4,25	101,93	4,94	0,72	0,03	0,47
6ox	202,54	5,57	70,76	2,28	0,35	0,02	0,47
6o-	138,45	6,77	102,23	3,99	0,74	0,02	0,47
7o	293,58	5,48	94,25	3,00	0,32	0,01	0,53
8o	279,64	6,32	93,72	2,79	0,34	0,01	0,53
9ox	278,10	5,30	90,11	2,84	0,32	0,01	0,53
9o-	227,71	5,50	109,97	3,76	0,48	0,02	0,53
10ox	268,29	5,36	99,61	2,70	0,37	0,01	0,53
10o-	222,80	7,52	116,04	3,61	0,52	0,03	0,53
11ox	285,70	5,64	94,80	2,61	0,33	0,01	0,53
11o-	177,23	8,28	144,69	7,45	0,82	0,04	0,53
12ox	287,90	9,30	97,39	2,95	0,34	0,02	0,53
12o-	196,03	6,71	158,04	8,06	0,81	0,05	0,53
1u	294,03	6,50	62,54	1,82	0,21	0,01	0,35
2u	265,23	6,87	60,77	2,52	0,23	0,01	0,35
3ux	289,59	10,36	57,82	2,05	0,20	0,01	0,35
3u-	268,04	9,04	66,68	2,63	0,25	0,02	0,35
4ux	269,91	6,59	60,41	2,21	0,22	0,01	0,35
4u-	250,45	7,46	67,55	2,93	0,27	0,01	0,35
5ux	383,10	7,82	75,79	3,93	0,20	0,01	0,35
5u-	380,05	8,67	85,16	4,27	0,22	0,01	0,35
6ux	325,92	9,75	72,25	3,29	0,22	0,01	0,35
6u-	334,40	7,86	77,84	3,35	0,23	0,01	0,35
7u	359,84	6,61	82,77	2,92	0,23	0,01	0,35
8u	317,04	4,49	87,44	2,66	0,28	0,01	0,35
9ux	317,57	5,94	88,91	3,10	0,28	0,01	0,35
9u-	322,27	8,16	94,28	2,82	0,29	0,01	0,35
10ux	365,32	10,30	87,84	3,56	0,24	0,01	0,35
10u-	366,13	8,60	91,23	2,34	0,25	0,01	0,35
11ux	361,98	9,70	97,56	4,42	0,27	0,01	0,35
11u-	367,42	7,93	100,68	4,51	0,27	0,01	0,35
12ux	416,82	11,08	94,71	4,09	0,23	0,01	0,35
12u-	415,65	8,48	103,05	3,64	0,25	0,01	0,35

Označení „x“, popř. „-“, znamená úsek vazného bodu s překřížením, popř. bez překřížení (flotující úsek).

<;> Hodnoty 95% intervalu spolehlivosti.

Tabulka 2: Relativní šířka, relativní výška průřezu multifilu ve vazném bodě tkaniny

Označení vzorku	α [1]	$IS\alpha$	β [1]	$IS\beta$
1o	1,92	0,04	0,63	0,02
2o	1,91	0,04	0,65	0,02
3ox	1,78	0,06	0,65	0,03
3o-	1,55	0,03	0,78	0,02
4ox	1,77	0,06	0,66	0,04
4o-	1,60	0,05	0,80	0,03
5ox	1,92	0,06	0,66	0,02
5o-	1,40	0,04	1,00	0,05
6ox	1,98	0,05	0,69	0,02
6o-	1,36	0,07	1,00	0,04
7o	1,96	0,04	0,63	0,02
8o	1,87	0,04	0,63	0,02
9ox	1,86	0,04	0,60	0,02
9o-	1,52	0,04	0,74	0,03
10ox	1,80	0,04	0,67	0,02
10o-	1,49	0,05	0,78	0,02
11ox	1,91	0,04	0,63	0,02
11o-	1,19	0,06	0,97	0,05
12ox	1,93	0,06	0,65	0,02
12o-	1,31	0,04	1,06	0,05
1u	2,94	0,06	0,62	0,02
2u	2,65	0,07	0,61	0,03
3ux	2,89	0,10	0,58	0,02
3u-	2,68	0,09	0,67	0,03
4ux	2,70	0,07	0,60	0,02
4u-	2,50	0,07	0,67	0,03
5ux	3,83	0,08	0,76	0,04
5u-	3,80	0,09	0,85	0,04
6ux	3,25	0,10	0,72	0,03
6u-	3,34	0,08	0,78	0,03
7u	2,41	0,04	0,55	0,02
8u	2,12	0,03	0,59	0,02
9ux	2,13	0,04	0,59	0,02
9u-	2,16	0,05	0,63	0,02
10ux	2,44	0,07	0,59	0,02
10u-	2,45	0,06	0,61	0,02
11ux	2,42	0,06	0,65	0,03
11u-	2,46	0,05	0,67	0,03
12ux	2,79	0,07	0,63	0,03
12u-	2,78	0,06	0,69	0,02

Označení „x“, popř. „-“, znamená úsek vazného bodu s překřížením, popř. bez překřížení (flotující úsek).

<;> Hodnoty 95% intervalu spolehlivosti.

Tabulka 3: Rozteč průřezů multifilů experiment, rozteč průřezů multifilů výpočet z jmenovité dostavy

Označení vzorku	A z řezů [μm]	ISA z řezů [μm]	A z jmenovité dostavy [μm]
1o	225,83	9,92	227,27
2o	228,40	5,61	227,27
3ox	224,43	12,09	208,33
3o-	174,56	8,03	208,33
4ox	209,56	15,80	208,33
4o-	186,00	10,79	208,33
5ox	148,00	8,62	125,00
5o-	126,97	5,25	125,00
6ox	149,10	8,06	125,00
6o-	123,02	6,31	125,00
7o	273,15	7,55	277,78
8o	270,20	6,45	277,78
9ox	244,25	6,96	222,22
9o-	226,96	7,07	222,22
10ox	237,12	8,32	222,22
10o-	211,17	4,48	222,22
11ox	191,86	8,98	156,25
11o-	143,64	4,41	156,25
12ox	197,77	14,04	156,25
12o-	142,77	6,18	156,25
1u	383,44	6,16	370,37
2u	320,15	11,58	312,50
3ux	286,02	12,03	294,12
3u-	300,46	9,04	294,12
4ux	261,26	7,85	270,27
4u-	263,86	7,59	270,27
5ux	469,43	12,09	454,55
5u-	443,81	14,52	454,55
6ux	349,61	11,14	357,14
6u-	359,44	13,68	357,14
7u	491,38	9,86	500,00
8u	407,30	9,98	400,00
9ux	384,49	11,88	384,62
9u-	386,60	7,17	384,62
10ux	493,83	9,08	476,19
10u-	468,69	11,86	476,19
11ux	391,41	12,71	384,62
11u-	406,24	8,77	384,62
12ux	571,90	13,89	555,56
12u-	535,88	10,73	555,56

Označení „x“, popř. „-“, znamená úsek vazného bodu s překřížením, popř. bez překřížení (flotující úsek). <,> Hodnoty 95% intervalu spolehlivosti.

Tabulka 4: Substanční plocha multifilu, plocha čočka (25b), plocha elipsa (25c), zaplnění multifilu

Označení vzorku	$s_{subst.} [\mu m^2]$ (t/p)	$s [\mu m^2]$ čočka	$s [\mu m^2]$ elipsa	$\mu [1]$ ($s_{subst.}/s_{\text{čočka}}$)
1o	5735,29	8627,23	9985,78	0,67
2o	5735,29	8775,14	10148,05	0,65
3ox	12279,41	18758,78	21732,55	0,69
3o-	12279,41	17792,55	20583,02	0,66
4ox	5514,71	12351,51	14443,17	0,70
4o-	5514,71	10838,67	12659,19	0,62
5ox	12279,41	20028,63	23391,21	0,64
5o-	12279,41	18711,51	21771,40	0,55
6ox	5735,29	8273,26	9536,55	0,59
6o-	5735,29	8748,27	9901,73	0,56
7o	5735,29	8249,68	9505,27	0,66
8o	5735,29	9263,34	10490,17	0,69
9ox	12279,41	16993,13	19681,03	0,72
9o-	12279,41	17318,85	19666,42	0,71
10ox	12279,41	18216,70	20989,43	0,67
10o-	12279,41	17983,79	20306,64	0,68
11ox	5514,71	11235,55	13149,78	0,67
11o-	5514,71	12037,36	14037,84	0,65
12ox	5514,71	10960,58	12806,58	0,65
12o-	5514,71	11413,29	13286,80	0,54
1u	12279,41	19066,76	22176,47	0,45
2u	12279,41	20539,96	23862,44	0,51
3ux	12279,41	21597,39	25203,26	0,49
3u-	12279,41	22496,91	26234,81	0,46
4ux	5735,29	8975,95	10373,05	0,50
4u-	5735,29	10453,23	11413,44	0,48
5ux	5735,29	9745,47	11256,57	0,28
5u-	5735,29	10227,31	11116,55	0,25
6ux	12279,41	18382,39	21272,76	0,35
6u-	12279,41	18821,79	20140,72	0,32
7u	12279,41	19041,75	22020,80	0,61
8u	12279,41	22690,43	24331,35	0,66
9ux	5514,71	19482,74	22804,75	0,64
9u-	5514,71	21755,32	25418,93	0,60
10ux	5514,71	15826,08	18494,41	0,57
10u-	5514,71	17507,64	20442,73	0,55
11ux	12279,41	23825,41	27736,80	0,52
11u-	12279,41	24965,35	29052,49	0,49
12ux	12279,41	26541,40	31003,85	0,46
12u-	12279,41	28845,88	33642,05	0,43

Označení „x“, popř. „-“, znamená úsek vazného bodu s překřížením, popř. bez překřížení (flotující úsek).

Tabulka 5: Průměr multifilu d , substanční průměr multifilu d_s , zákrutový koeficient dle (13a)

Označení vzorku	d [μm] výpočet dle (10b)*)	d_s [μm] výpočet dle (10a)	α_m [$\text{ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$]
1o	102,14	85,45	26,50
2o			
3ox			
3o-			
4ox			
4o-			
5ox	149,45	149,45	149,45
5o-			
6ox			
6o-			
7o			
8o			
9ox	100,15	83,79	0,17
9o-			
10ox			
10o-			
11ox			
11o-			
12ox	149,45	125,04	0,26
12o-			
1u			
2u			
3ux			
3u-			
4ux	149,45	125,04	0,26
4u-			
5ux			
5u-			
6ux			
6u-			
7u	149,45	125,04	0,26
8u			
9ux			
9u-			
10ux			
10u-			
11ux	149,45	125,04	0,26
11u-			
12ux	149,45	125,04	0,26
12u-			

*) Výpočet průměru multifilu s doporučenou hodnotou zaplnění 0,7 (viz kap. 2.2.3). Označení „x“, popř. „-“, znamená úsek vazného bodu s překřížením, popř. bez překřížení (flotující úsek).

Tab. 6: Jednotlivé koeficienty pro vztahy (43) a (45)

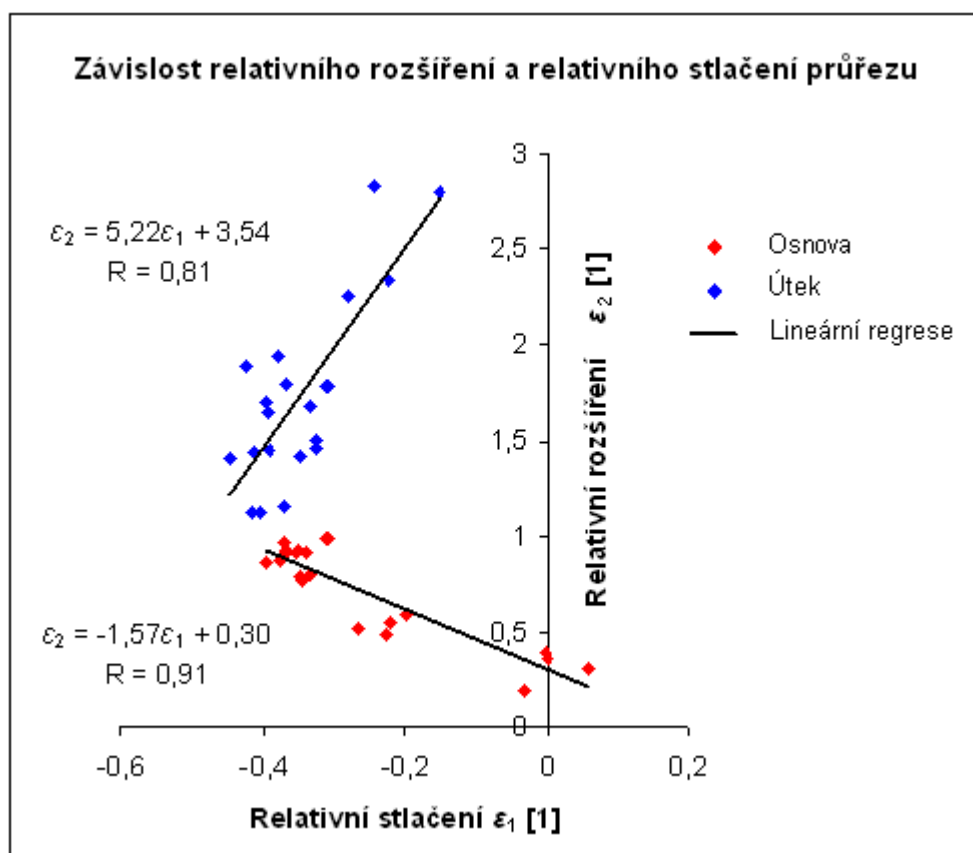
	Osnova	Útek
P_0	-0,76 $\langle -0,91; -0,61 \rangle$	-0,56 $\langle -0,72; -0,39 \rangle$
$P_{1(plátno)}$	-0,02 $\langle -0,11; 0,08 \rangle$	0,06 $\langle 0,023; 0,099 \rangle$
$P_{1(kepr)} (P_1 \cdot 2)$	-0,03	0,12
$P_{1(atlas)} (P_1 \cdot 3)$	-0,05	0,18
$P_2(\text{vazný bod s překřížením})$	0,23 $\langle 0,16; 0,30 \rangle$	0,04 $\langle -0,02; 0,10 \rangle$
$P_2(\text{flotující úsek}) (P_2 \cdot 2)$	0,45	0,08
P_3	$4,07 \cdot 10^{-5}$ $\langle -4,73 \cdot 10^{-6}; 8,62 \cdot 10^{-5} \rangle$	$6,23 \cdot 10^{-6}$ $\langle -4,04 \cdot 10^{-5}; 5,29 \cdot 10^{-5} \rangle$
MEP	0,005	0,004

Nový model (1) pro relativní stlačení osnova, popř. útku je v původním tvaru uveden zde:

$$\varepsilon_1 = P_0 + P_1 f_1 + P_2 f_2 + P_3 f_3 \quad (1)$$

kde ε_1 je relativní stlačení osnova, popř. útku, P_0 až P_3 jsou koeficienty (P_1 je koeficient vazby, P_2 je koeficient provázání (křížení) a P_3 je koeficient dostavy), f_1 až f_3 jsou faktory (f_1 je faktor vazby $\langle 1; 2; 3 \rangle \approx \langle \text{plátno}; \text{kepr}; \text{atlas} \rangle$, f_2 je faktor provázání $\langle 1; 2 \rangle \approx \langle \text{vazný bod s překřížením}; \text{flotující úsek} \rangle$ a f_3 je faktor dostavy $\langle D \rangle$).

Tento model je pro snazší aplikaci v přehlednějším tvaru zvlášť pro osnova a pro útek (viz (43) a (45)) uveden v kap. 3.3.1.3 Závislost relativního rozšíření a relativního stlačení průřezu.

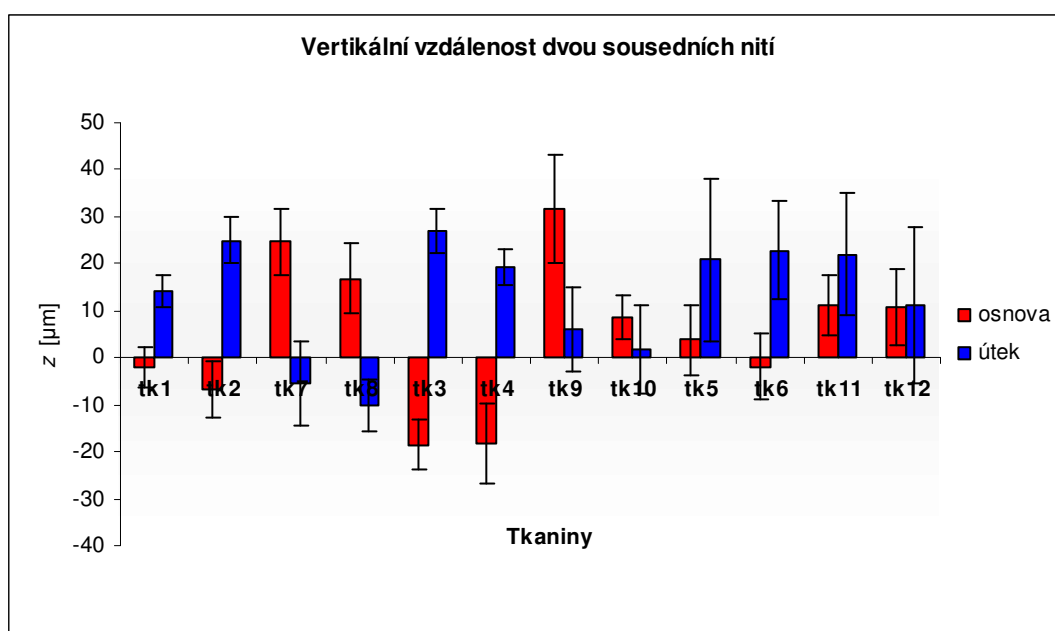


Obr. 1 Závislost relativního rozšíření a relativního stlačení průřezu multifilu ve vazném bodě

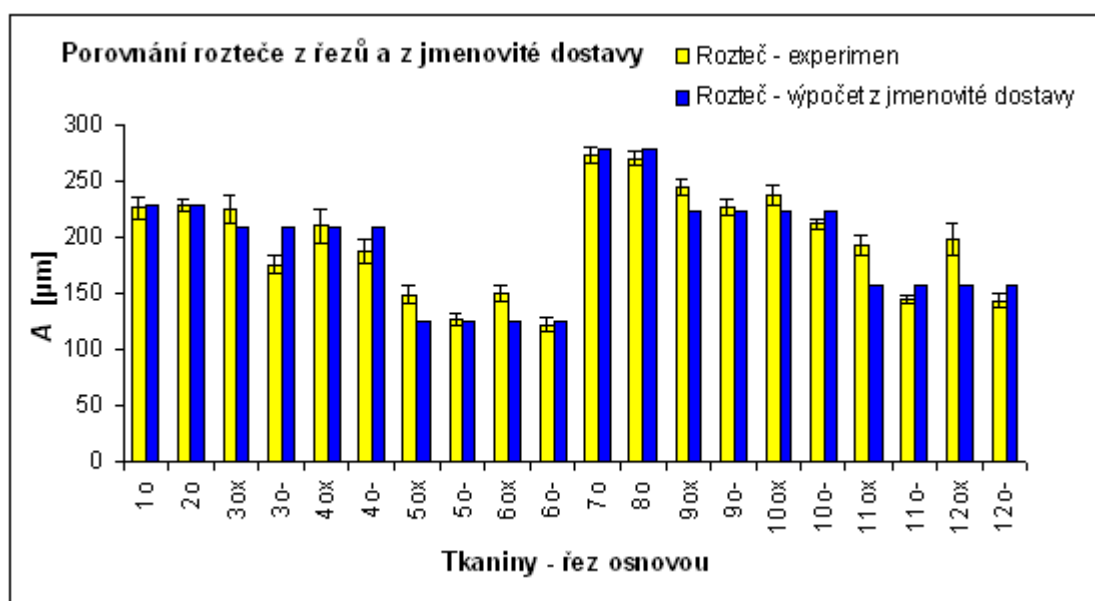
Tabulka 7: Vertikální vzdálenost dvou sousedních nití

Označení vzorku	z [μm]	IS z
1o	-2,00	4,33
2o	-6,78	6,10
7o	24,73	7,10
8o	16,94	7,49
1u	14,04	3,43
2u	25,02	4,85
7u	-5,50	8,95
8u	-9,94	5,55
3o	-18,60	5,40
4o	-18,18	8,59
9o	31,65	11,65
10o	8,51	4,61
3u	26,96	4,53
4u	19,32	3,97
9u	6,08	8,78
10u	1,87	9,51
5o	3,82	7,41
6o	-1,87	7,19
11o	11,32	6,42
12o	10,74	8,29
5u	20,81	17,40
6u	22,73	10,45
11u	21,96	13,09
12u	11,18	16,84

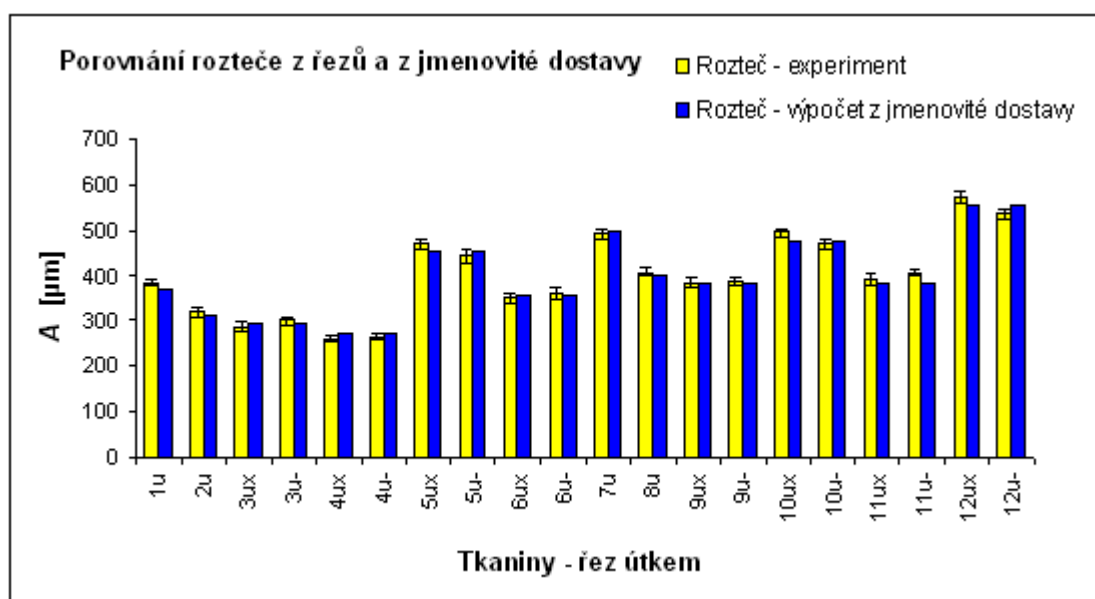
<;> Hodnoty 95% intervalu spolehlivosti.



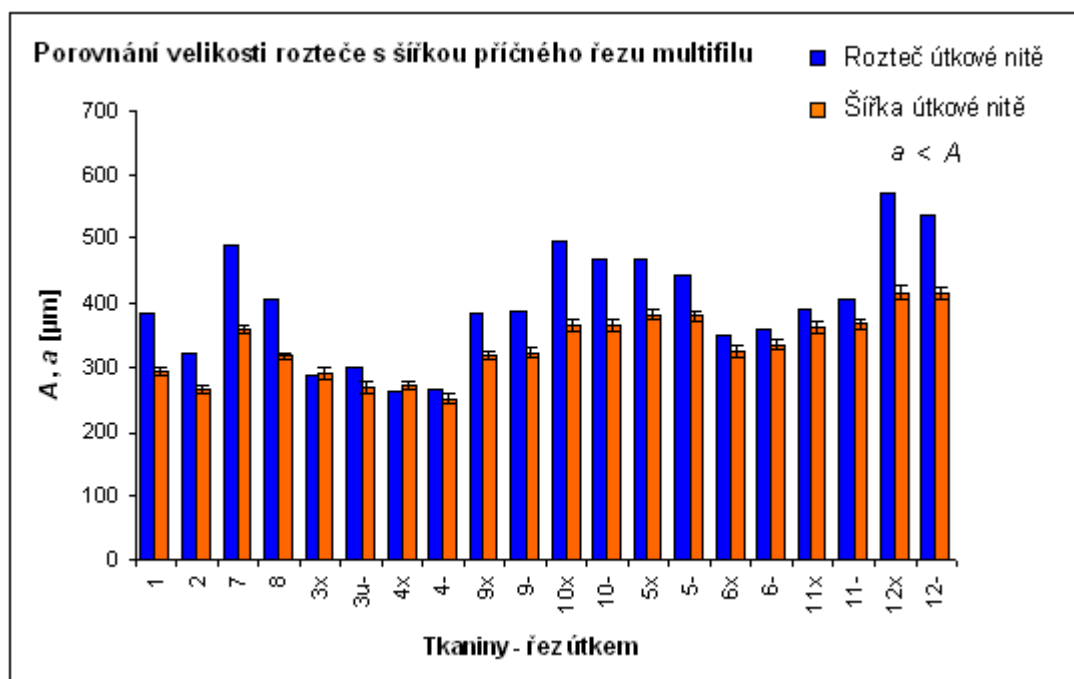
Obr. 2 Vertikální vzdálenost dvou sousedních nití



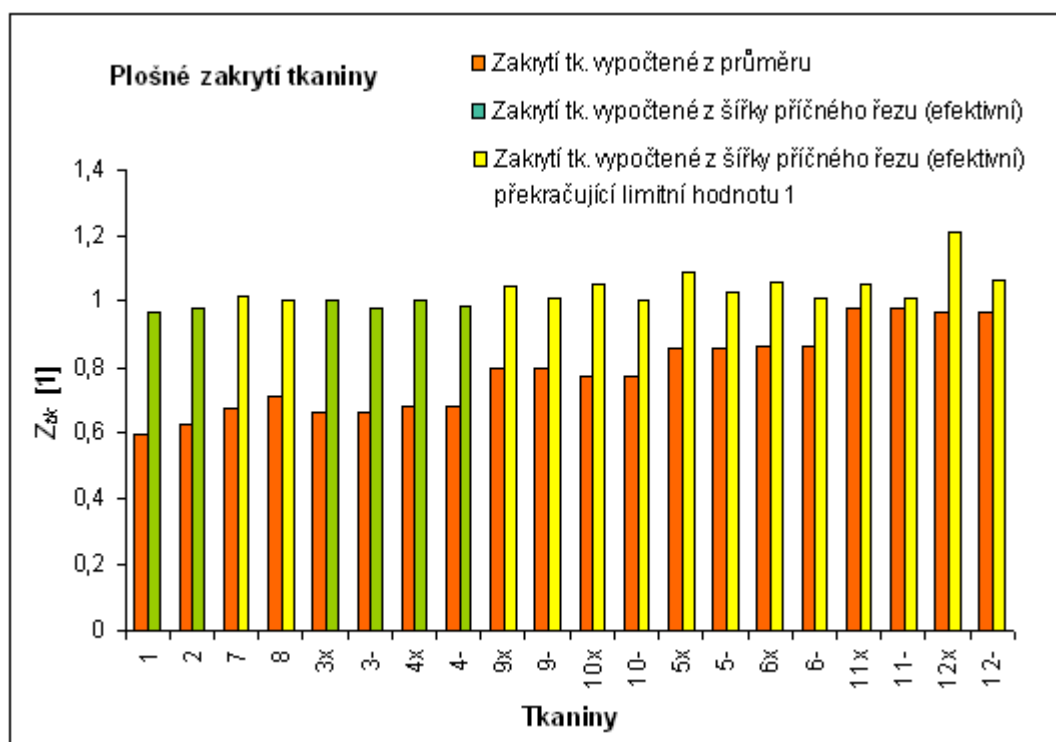
Obr. 3a Porovnání roztečí nití - příčný řez osnovou



Obr. 3b Porovnání roztečí nití - příčný řez útkem



Obr. 4 Velikosti roztečí a šířek průřezů multifilu (útek)



Obr. 5 Porovnání zakrytí tkaniny vypočtené z průměru (10b) a efektivní vypočtené z šířky průřezu

Tabulka 8: Zakrytí (vypočtené z průměrů) a efektivní zakrytí (vypočtené z šířek průřezů) osnovy a útku

Označení vzorku	$Z_{o(u)} [1]$ ($D \cdot d$)	$Z_{o(u)} [1]$ ($D \cdot a$)
1o	0,45	0,86
2o	0,45	0,86
7o	0,54	1,06
8o	0,54	1,01
1u	0,27	0,79
2u	0,32	0,85
7u	0,30	0,72
8u	0,37	0,79
3ox	0,49	0,87
3o-	0,49	0,76
4ox	0,49	0,87
4o-	0,49	0,78
9ox	0,67	1,25
9o-	0,67	1,02
10ox	0,67	1,21
10o-	0,67	1,00
3ux	0,34	0,98
3u-	0,34	0,91
4ux	0,37	1,00
4u-	0,37	0,93
9ux	0,39	0,83
9u-	0,39	0,84
10ux	0,31	0,77
10u-	0,31	0,77
5ox	0,82	1,57
5o-	0,82	1,14
6ox	0,82	1,62
6o-	0,82	1,11
11ox	0,96	1,83
11o-	0,96	1,13
12ox	0,96	1,84
12o-	0,96	1,25
5ux	0,22	0,84
5u-	0,22	0,84
6ux	0,28	0,91
6u-	0,28	0,94
11ux	0,39	0,94
11u-	0,39	0,96
12ux	0,27	0,75
12u-	0,27	0,75

Tabulka 9: Zakrytí tkaniny (vypočtené z průměrů) a efektivní zakrytí tkaniny (vypočtené z šířek průřezů)

Označení vzorku	$Z_{tk} (d) [1]$	$Z_{tk} (a) [1]$
1	0,60	0,97
2	0,63	0,98
7	0,68	1,02
8	0,71	1,00
3x	0,66	1,00
3-		0,98
4x	0,68	1,00
4-		0,98
9x	0,80	1,04
9-		1,00
10x	0,78	1,05
10-		1,00
5x	0,86	1,09
5-		1,02
6x	0,87	1,05
6-		1,01
11x	0,97	1,05
11-		1,01
12x	0,97	1,21
12-		1,06

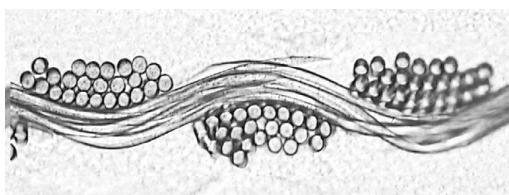
Zakrytí tkaniny vypočtené z průměrů (10b) vychází nižší než efektivní zakrytí tkaniny vypočtené z šířek průřezů (viz obr. 5 v příl. 1). U výpočtu efektivního zakrytí byla dosazována šířka příčného řezu (vaznou buňkou tkaniny) zvlášť pro provazující a zvlášť pro flotující úsek, proto jsou u neplátnových vazeb uvedeny dvě hodnoty. Pro získání jediné hodnoty je nutno provést přepočet s ohledem na počet niti v provazujícím a flotujícím úseku. Obecně lze konstatovat, že u většiny tkanin efektivní zakrytí překračuje limitní hodnotu 100% (dochází k „překrývání“ nití viz obr. 19 a 20 v kap. 3.3.2 Konstrukce geometrického modelu příčného řezu tkaniny z multifilu). Zploštění průřezu ovšem není v celé délce niti stejné, a proto nelze efektivní zakrytí tkaniny vypočtené z šířek příčných řezů (vaznou buňkou tkaniny) jednoznačně označit za zcela správné.

Příloha 2

Vybrané snímky řezů zkoumaných tkanin

(Kompletní snímky jsou uvedeny v elektronické příloze ve formátu jpg a jpg2)

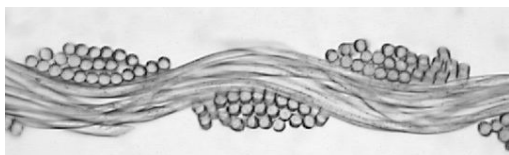
1. sada tkanin



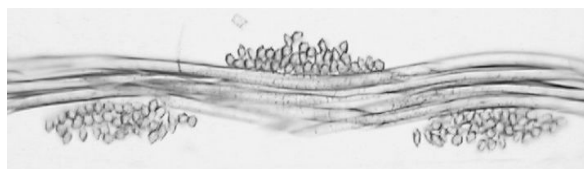
Tkanina 1 - příčný řez osnovou



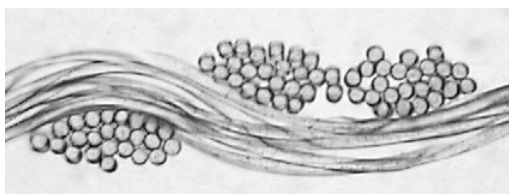
Tkanina 1 - příčný řez útkem



Tkanina 2 - příčný řez osnovou



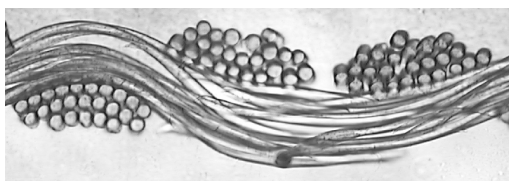
Tkanina 2 - příčný řez útkem



Tkanina 3 - příčný řez osnovou



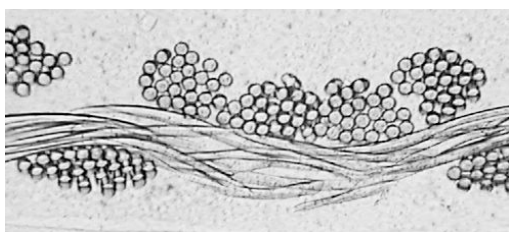
Tkanina 3 - příčný řez útkem



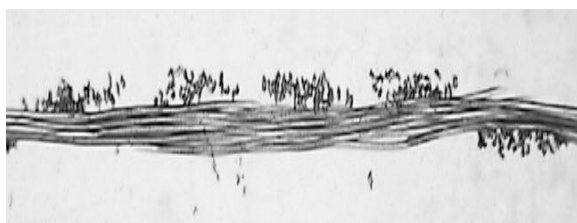
Tkanina 4 - příčný řez osnovou



Tkanina 4 - příčný řez útkem



Tkanina 5 - příčný řez osnovou



Tkanina 5 - příčný řez útkem



Tkanina 6 - příčný řez osnovou



Tkanina 6 - příčný řez útkem

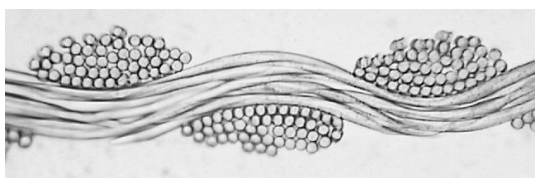
2. sada tkanin



Tkanina 7 - příčný řez osnovou



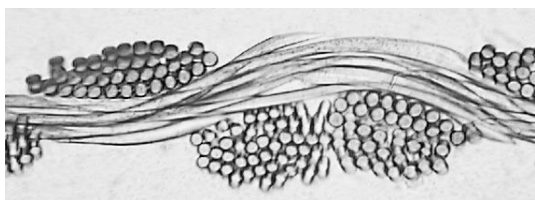
Tkanina 7 - příčný řez útkem



Tkanina 8 - příčný řez osnovou



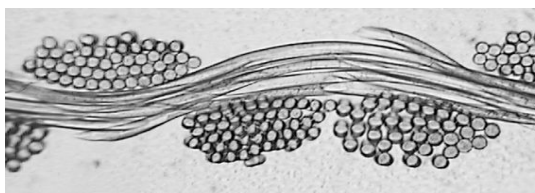
Tkanina 8 - příčný řez útkem



Tkanina 9 - příčný řez osnovou



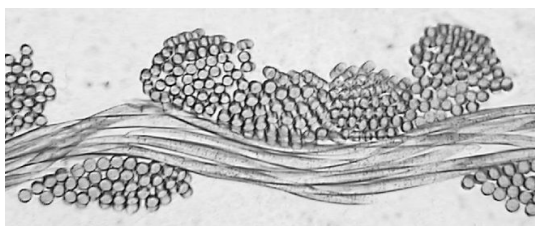
Tkanina 9 - příčný řez útkem



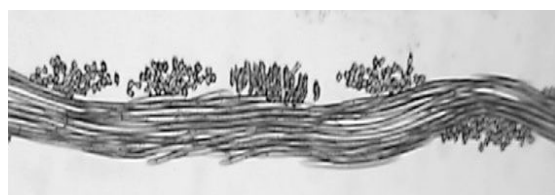
Tkanina 10 - příčný řez osnovou



Tkanina 10 - příčný řez útkem



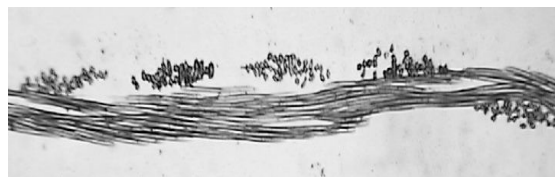
Tkanina 11 - příčný řez osnovou



Tkanina 11 - příčný řez útkem



Tkanina 12 - příčný řez osnovou



Tkanina 12 - příčný řez útkem

Příloha 3

Závislost relativní šířky α , relativní výšky β a parametru γ na poměru zploštění Z_p uvažující konstantní plochu průřezu (ovál) multifilu

(dle [3], dopočítaná tabulka 1 z kapitoly 2.5.1.1)

Tabulka 9: Závislost relativní šířky α , relativní výšky β a parametru γ

Z_p [1]	α [1]	β [1]	γ [1]
0,10	2,83	0,28	2,55
0,11	2,70	0,30	2,41
0,12	2,59	0,31	2,28
0,13	2,49	0,32	2,17
0,14	2,41	0,34	2,07
0,15	2,33	0,35	1,98
0,16	2,26	0,36	1,89
0,17	2,19	0,37	1,82
0,18	2,13	0,38	1,75
0,19	2,08	0,39	1,68
0,20	2,03	0,41	1,62
0,21	1,98	0,42	1,56
0,22	1,94	0,43	1,51
0,23	1,90	0,44	1,46
0,24	1,86	0,45	1,41
0,25	1,82	0,46	1,37
0,26	1,79	0,47	1,32
0,27	1,76	0,47	1,28
0,28	1,73	0,48	1,24
0,29	1,70	0,49	1,21
0,30	1,67	0,50	1,17
0,31	1,65	0,51	1,14
0,32	1,62	0,52	1,10
0,33	1,60	0,53	1,07
0,34	1,58	0,54	1,04
0,35	1,56	0,55	1,01
0,36	1,54	0,55	0,98
0,37	1,52	0,56	0,96
0,38	1,50	0,57	0,93
0,39	1,48	0,58	0,90
0,40	1,47	0,59	0,88
0,41	1,45	0,59	0,86
0,42	1,43	0,60	0,83
0,43	1,42	0,61	0,81
0,44	1,40	0,62	0,79
0,45	1,39	0,63	0,76
0,46	1,38	0,63	0,74
0,47	1,36	0,64	0,72
0,48	1,35	0,65	0,70
0,49	1,34	0,66	0,68
0,50	1,33	0,66	0,66
0,51	1,32	0,67	0,64
0,52	1,30	0,68	0,63
0,53	1,29	0,69	0,61
0,54	1,28	0,69	0,59
0,55	1,27	0,70	0,57

0,56	1,26	0,71	0,56
0,57	1,25	0,71	0,54
0,58	1,24	0,72	0,52
0,59	1,24	0,73	0,51
0,60	1,23	0,74	0,49
0,61	1,22	0,74	0,48
0,62	1,21	0,75	0,46
0,63	1,20	0,76	0,44
0,64	1,19	0,76	0,43
0,65	1,19	0,77	0,42
0,66	1,18	0,78	0,40
0,67	1,17	0,78	0,39
0,68	1,16	0,79	0,37
0,69	1,16	0,80	0,36
0,70	1,15	0,80	0,35
0,71	1,14	0,81	0,33
0,72	1,14	0,82	0,32
0,73	1,13	0,83	0,31
0,74	1,12	0,83	0,29
0,75	1,12	0,84	0,28
0,76	1,11	0,85	0,27
0,77	1,11	0,85	0,25
0,78	1,10	0,86	0,24
0,79	1,09	0,86	0,23
0,80	1,09	0,87	0,22
0,81	1,08	0,88	0,21
0,82	1,08	0,88	0,19
0,83	1,07	0,89	0,18
0,84	1,07	0,90	0,17
0,85	1,06	0,90	0,16
0,86	1,06	0,91	0,15
0,87	1,05	0,92	0,14
0,88	1,05	0,92	0,13
0,89	1,04	0,93	0,12
0,90	1,04	0,94	0,10
0,91	1,04	0,94	0,09
0,92	1,03	0,95	0,08
0,93	1,03	0,96	0,07
0,94	1,02	0,96	0,06
0,95	1,02	0,97	0,05
0,96	1,02	0,97	0,04
0,97	1,01	0,98	0,03
0,98	1,01	0,99	0,02
0,99	1,00	0,99	0,01
1	1	1	0